Beiträge zur Kenntnis der Wundheilung

bei

Helianthus annuus L.

und

Polygonum cuspidatum Sieb. et Zuccar.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Leo Peters

aus Göttingen.

Göttingen,

Druck der Univ.-Buchdruckerei von W. Fr. Kaestner.

1897.

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juli 1897.

Referent: Professor Falkenberg.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552726_0082

Litteraturverzeichnis.

Die Nummern beziehn sich auf die im Text gebrauchten.

1. M. d'Arbaumont. Contributions à l'histoire des racines adventives à propos des lenticelles du Cissus quinquefolia. Bullet. d. l. Soc. Botan. d. France 1878.
2. S. Arloing. Recherches anatomiques sur le bouturage des Cactées. Annales des sciences natur. 1877.
3. de Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.
4. E. Beinling. Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. III. Heft I.
5. H. Berge. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Bryophyllum calycinum. Zürich 1877.
6. C. E. Bertrand. Loi des surfaces libres. Comptes rendus T. 98. Paris 1884. pag. 48 ff. referirt in Bot. Jahresber. 1884. pag. 260.
7. v. Bretfeld. Ueber Vernarbung und Blattfall. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Pringsheim XII. Leipzig 1879—1881.
8. M. Büsgen. Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffs in den Pflanzen. Jena 1889.
9. Th. Ciesielski. Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Cohn Bd. I. Breslau 1874.
10. H. Crüger. Einiges über die Gewebeveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge. Bot. Zeit. 1860. Leipzig.
11. H. Eichler. Zur Entwicklungsgeschichte der Palmenblätter. Abhandl. d. K. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1885. Berlin 1886.

12. B. Frank. Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1895.

13. B. Frank. Beiträge zur Pflanzenphysiologie. I Leipzig 1868.

14. B. Frank und A. Tschirch. Wandtafeln für den Unterricht in der Pflanzenphysiologie u. s. w.

15. G. Haberlandt. Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Wien 1877.

16. G. Haberlandt. Zur physiologischen Anatomie der Milchröhren. Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wissensch. Math. naturw. Cl. LXXXVII. Wien 1883.

17. G. Haberlandt. Ueber Wasser secernierende und absorbierende Organe. II. Abhandl. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. CIV. Abt. I. Wien 1895.

18. Adolph Hansen. Vergleichende Untersuchungen über Adventivbildungen bei den Pflanzen. Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. XII. Frankfurt 1881.

19. J. Hanstein. Ueber die Organe der Harz- und Schleim-Absonderung in den Laubknospen. Bot. Z. 1868. Leipzig.

20. Th. Hartig. Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Taf. 70 und dazu gehörige Kupfererklärung. Berlin 1851.

21. L. Kny. Ueber die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äussern Einflüssen. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. VII. Berlin 1889.

22. L. Kny. Sitzungsberichte d. Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin 1877. Bot. Z. 1877 pag. 519 ff. Leipzig.

23. F. G. Kohl. Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Braunschweig 1886.

24. Fr. Krick. Ueber die Rindenknollen der Rotbuche. Biblioth. botan. Heft 25. Stuttgart. 1891.

25. E. Kutscher. Ueber die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze. Flora 66. 1883 Regensburg.

26. G. Lopriore. Ueber die Regeneration gespaltener Wurzeln. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. X. Berlin 1892.

27. Lopriore. Vorläufige Mitteilung über die Regeneration gespaltener Stammspitzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XIII. Berlin 1895.

28. C. Mäule. Der Faserverlauf im Wundholz. Bibl. botan. Heft 33. Stuttgart 1896.

29. J. F. A. Mellink. Zur Thyllenfrage. Bot. Zeitung 1886. Leipzig.

30. H. v. Mohl. Ueber den Vernarbungsprozess bei der Pflanze. Bot. Zeit. 1849. Leipzig.

31. H. Molisch. Untersuchungen über Laubfall. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. Naturw. Cl. Bd. XCIII Jahrg. 1886. Wien 1886.

32. H. Molisch. Zur Kenntnis der Thyllen nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. Naturw. Cl. Bd. XCVII Jahrgang 1888. Wien 1888.

33. K. Prantl. Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln. Abh. d. Würzb. bot. Inst. Bd. I. Heft 4. Leipzig 1874.

34. F. Regel. Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissensch. Jena 1876.

35. Jul. Sachs. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeit. des Würzb. bot. Inst. Heft 3. Leipzig 1873.

36. Jul. Sachs. Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1874.

37. F. Schwarz. Ueber die Entstehung der Löcher und Einbuchtungen an dem Blatte von Philodendron pertusum Schott. Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wissensch. Math. nat. Cl. Bd. 77. Wien 1878.

38. P. Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1886.

39. R. Stoll. Ueber die Bildung des Kallus bei Stecklingen Bot. Zeit. 1874. Leipzig.

40. A. Trécul. Accroissement des végétaux dicotylédonés ligneux. Reproduction du bois et de l'écorce par le bois décortiqué. Annales des sciences naturelles. Troisième série Botanique. T. 19. Paris 1853.

41. A. Trécul. Mémoire sur le développement des loupes et des broussins. Annales des sciences natur. Troisième série. Botanique T. 20. Paris 1853.

42. A. Trécul. Nouvelles observations relatives à l'accroissement en diamètre des arbres dicotylédonés. Annales des sciences natur. Troisième série. Botanique. T. 20. Paris 1853.

43. H. Vöchting. Ueber Organbildung im Pflanzenreich. Erster Teil. Bonn 1878.

44. H. Vöchting. Ueber Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892.

45. H. de Vries. Ueber den Einfluss des Druckes auf die Ausbildung des Herbstholzes. Flora 30. Regensburg 1872.

46. H. de Vries. Ueber Wundholz. Flora 34. Regensburg 1876.

47. H. de Vries. Keimungsgeschichte der Kartoffelknollen. Landwirtsch. Jahrb. Bd. VII. Berlin 1878.

48. J. E. Weiss. Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dikotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren. Bot. Centralblatt 15. Cassel 1883.

49. H. Tittmann. Beobachtungen über Bildung und Regeneration des Periderms, der Epidermis, des Wachsüberzuges und der Cuticula einiger Gewächse. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik XXX. Berlin 1896.

Wenn auch über die Regeneration niederer Pflanzen in der Litteratur nur wenige Arbeiten und gelegentliche Mitteilungen vorliegen, geht doch aus den berichteten Thatsachen mit Sicherheit hervor, dass die niedern Pflanzen in hervorragendem Maasse regenerationsfähig sind, dass sie hierin den niedern Tieren mindestens gleichkommen, bei welchen in wahrhaft wunderbarer Weise durch Verletzung verlorengegangene Gewebe und Organe ersetzt werden. (Vöchting 43. pag. 236 ff.). Bei den Regenerationserscheinungen der Gymnospermen und Angiospermen handelt es sich einmal um die eigentliche Wundheilung, den Ersatz von Geweben, andrerseits um den Ersatz von Organen.

In allen Fällen etwas günstigerer Wundheilung hat dieselbe ihren Ursprung in jugendlichen Zellen, welche durch lebhaftes Wachstum und besonders in zur Wundfläche tangentialer Richtung erfolgende Teilungen ein parenchymatisches Gewebe erzeugen, welches mit dem aus der Praxis übernommenen Namen Callus bezeichnet wird. Dieser vermag durch starke Wucherung unter günstigen Umständen grössere Wundflächen zu bedecken und unter seiner Oberfläche ein Cambium zu erzeugen, dessen erste Produkte meist abnormal sind, während durch die spätern allmählig der normale Bau wieder hergestellt wird. Die Wundheilung ausgewachsener Achsen unserer Laub- und Nadelhölzer geht in dieser Weise vom Cambium und den

jüngsten Holz- und Rindenzellen aus. Th. Hartig (20.) unterscheidet einen Holzwall, dessen Bildung von durch Schälen freigelegten, nicht quer verletzten Cambialschichten ausgeht, einen Rindenwall, welcher sich aus den mit der Rinde abgehobenen ebenfalls nicht quer verletzten Cambialschichten bildet, wenn die Rinde, mit dem Stamm stellenweise noch in Verbindung, sich weiter zu ernähren vermag und einen Zwischenwall, der sich aus den querverletzten noch von der Rinde bedeckten cambialen Gewebepartien bildet und aus den Wundrändern über die Wunde hervorwächst. Ausschliesslich der Zwischenwall bildet die Narbe an querdurchschnittenen Aesten. Bei der Heilung von Flachwunden spielt er eine hervorragende Rolle, der hier ebenfalls auftretende Holzwall pflegt von geringerer Bedeutung zu sein, da seine Entwicklung durch äussere Einflüsse zu leicht gestört wird. Hauptsächlich Holzwall und Rindenwall, weniger der Zwischenwall ermöglichen das Anwachsen des Schildchens beim Oculieren (Sorauer 38. pag. 675. ff.) und das Anwachsen von ausgehobenen Rindenstücken. (Vöchting 44. pag. 130. ff.).

Entsprechend dem von Bertrand (6.) und Vöchting (44. pag. 148.) aufgestellten Gesetz der freien Oberfläche entsteht in dem lebensfähigen Callus bei genügender Entwicklungsdauer, wie schon erwähnt, unter der freien Oberfläche, in ihrem Verlauf von derselben abhängig, eine Cambiumzone und den Abschluss nach aussen bildend ein Korkgewebe (Abb. der Tafel 70. und Erklärung derselben. Th. Hartig 20). Während die jüngsten Zellen der Sek.-Rinde sich an der Bildung des Callus beteiligen, producieren die lebenden nicht verholzten Zellen der übrigen Rinde meist unter der Wundfläche ein Periderm, welches sich an das normale und das Callusperiderm anschliesst. Das Kernholz reagiert naturgemäss gar nicht

auf die Verletzung, der Splint geht frühzeitig in Kernholz über, er verstopft seine Gefässe mit Thyllen oder Wundgummi.

Eine ähnliche durchaus nicht principiell verschiedene Wundheilung findet bei ausgewachsenen krautigen Pflanzen statt. An der Callusbildung sind bei diesen Pflanzen aber ausser den Cambialschichten auch Rinde und Mark in mehr oder minder hohem Grade beteiligt. Der Bau des Callus ist, den andern Verhältnissen entsprechend, ein etwas anderer, besonders ist der Fibrovasalkörper stark reduciert. Unsere Kenntnisse über diese Verhältnisse verdanken wir den Arbeiten über Stecklingsvermehrung. (1. 2. 4. 5. 10. 18. 34. 39.)

Im natürlichen Entwicklungsgange vieler Pflanzen entstehen an den oberirdischen Teilen durch Abstossen von Geweben (Borkebildung) und Organen (Terminalknospen mancher Laubhölzer, Blättern, Aesten, Blüten, Blütenständen, Früchten und Fruchtständen) Wunden, deren Heilung, soviel darüber bekannt ist, ausschliesslich durch Korkbildung bewerkstelligt wird. Eingehender untersucht sind nur die beim Laubfall entstehenden Blattnarben. Bei ihnen findet bei der Mehrzahl der Pflanzen Korkbildung statt, nur sehr selten ein einfaches Vertrocknen der Oberflächenzellen. (7. 30.) Aehnlich wie hier die Rinde verhalten sich ausgewachsene saftige Organe, wie Blätter, Früchte, Knollen u. s. w. bei der Verletzung.

Die Wundheilung an jugendlichen noch stark wachsenden Pflanzenteilen verläuft viel günstiger. Auch bei ihnen wird zuerst ein Callus gebildet. Nach Beobachtungen von Frank (13.), Ciesielski (9.) und J. Sachs (35.) findet eine vollständige Regeneration nach Verletzung der äussersten Wurzelspitze statt. Prantl (33.) untersucht auf Veranlassurg von J. Sachs die ersten Stadien des

Regenerationsvorganges eingehender. Wird die Spitze junger Wurzeln etwa bis dort fortgenommen, wo eben die einzelnen Gewebe erkennbar sind, so tritt auf der ganzen Schnittfläche Callusbildung ein und nach kurzer Zeit wandelt sich der gesammte Callus durch geeignete Teilungen in eine neue Wurzelspitze um. Wird etwas mehr entfernt, so bildet sich der Callus besonders stark aus dem Fibrovasalkörper, aus diesem Callus gehen ein oder mehrere Wurzelspitzen hervor. Wird noch mehr von der Wurzelspitze abgeschnitten, so bildet sich nur ein schwacher Callus, am normalen Ort entspringende, aber früher wie normal entstehende Nebenwurzeln ersetzen die fortgenommene Hauptwurzel. Beim Spalten junger Wurzeln findet nach dem gleichen Autor an der Spitze nach vorheriger Callusbildung vollständige Regeneration statt. Mit der Entfernung von der Spitze nimmt die Stärke der Callusbildung ab, an Orten geringerer Regeneration beteiligen sich nicht alle Gewebe gleichmässig an derselben.

Fertige Zustände sind von Prantl nicht untersucht. Diese Lücke will Lopriore (26.) ausfüllen. Nach einer vorläufigen Mitteilung dieses Autors wird die vollständige Regeneration der Wurzelspitze bei Spaltwunden immer erreicht. Die Regelmässigkeit der regenerierten Gewebe nimmt aber in der Richtung von der Spitze zur Basis der Wurzel und von der Seite zur Mitte der Wunde ab. Auch über die Wundheilung bei jungen noch lebhaft wachsenden oberirdischen Organen ist nur wenig bekannt. Bei den Palmen entstehn bekanntlich die Teile der Blätter durch Absterben bestimmter Gewebestränge und späteres Einreissen der ursprünglich einheitlichen Lamina in den toten Partien. Nach Eichler (11.) wird bei den Arten, bei welchem Absterben und Zerreissen sehr frühzeitig erfolgt, an den Wundrändern eine regelmässige Epidermis neugebildet. Eine ähnliche

Entstehungsweise haben nach F. Schwarz (37.) die Einbuchtungen und Löcher der Blätter von Monsteraarten, auch bei ihnen wird die Epidermis neugebildet und zwar nachdem am Wundrande ein Gewebe von „peridermartigen Aussehn“ gebildet ist, welches wohl als Callus zu bezeichnen ist, wie auch aus den Abbildungen hervorgeht. Werden junge noch stark wachsende Stammteile unter dem Vegetationspunkt längst gespalten, ohne dass die Stammspitze verletzt wird, so bildet sich nach Kny (22.) ein Callus, in welchem eine Bündelzone regeneriert wird, deren Holz in seinem Bau an Wundholz erinnert. Anatomische Einzelheiten teilt der Autor nicht mit. Nach Haberlandt (15.) können bei geeigneter Teilung gewisser Samen und Früchte die halbierten Embryonen sich zu selbständigen kräftigen Pflanzen entwickeln. Aus einer vorläufigen Mitteilung Lopriore's (27.) geht hervor, dass nach vollständiger Spaltung junger Stammspitzen ganz oben normale Gewebe und Organe regeneriert werden. Wie bei der Wurzel nimmt die Regenerationsfähigkeit von der Spitze zur Basis des Organs und von der Seite des Wundquerschnitts zur Mitte ab.

In den letzten Fällen geht also Wundheilung und Organregeneration Hand in Hand. Ueber die letztere brauche ich nicht viel hinzuzufügen. Bekannt ist, dass nach Fortnahme des Endtriebes eine oder mehrere Seitenknospen austreiben und den ersteren ersetzen. Dasselbe gilt, wie oben erwähnt, nach Prantl für die Wurzel, falls nicht Neubildung aus dem Wundcallus stattfindet. Nach Vöchting (43.) bilden sich an isolierten Sprossstücken Sprosse und Wurzeln aus den vorhandenen Knospen und den in der normalen Rinde praeexistierenden Wurzelanlagen, oder rein adventiv aus dem Callus oder direkt aus dem betreffenden Organe. Die adventive Ent-

stehung der Sprosse und Wurzeln ist in der Regel nach Hansen (18.) normal, die Wurzeln bilden sich endogen, die Sprosse exogen. Vöchting (43.) hat endlich constatiert, dass der Ort für die Sprossbildung das apicale Ende des Sprosses und das Basalende der Wurzel, der Ort für die Wurzelbildung das Basalende des Sprosses und das Apicalende der Wurzel ist, dass dagegen an Blättern und Blattstücken Spross- und Wurzelbildung am Basalende stattfindet.

Für die Morphologie und Anatomie der neugebildeten Organe kommt nur die Beobachtung Lopriores (26.) in Frage, nach welcher an in Folge der Verletzung neugebildeten Nebenwurzeln häufig Verbänderungen vorkommen.

Etwas besser sind wir über den anatomischen Bau der Wundgewebe orientiert.

Nach de Vries (46.) sind die erstgebildeten Produkte des Callusholzes ganz abnormal, sie sind rein parenchymatisch, die einzelnen Zellen haben etwa die Länge des vierten Teils einer normalen Cambiumzelle. Die folgenden Produkte werden allmählig den normalen ähnlicher. Zuerst tritt in einzelnen schmalen Zellzügen gefässartige Wandverdickung ein, das restierende Gewebe ist sehr breit und ist als Markstrahlgewebe aufzufassen. Dieses wird langsam schmaler, die Zellen des Holzes werden länger und erhalten auch prosenchymatische Zuspitzungen. Echte Libriformfasern und weite Gefässe stellen sich erst spät ein. Auch bei fast normalen Bau des Bündelgewebes ist der Markstrahl noch etwas breiter wie normal. Schliesslich wird aber ganz normales Holz gebildet. Schon Th. Hartig (20.) machte auf den unregelmässigen Verlauf der Holzfasern des Callusholzes aufmerksam. Einen ähnlichen unregelmässigen Verlauf der Fasern und Gefässreihen beobachtetete Sorauer (38.) an Rindenknollen

und Vöchting (44.) bei seinen Transplantationsversuchen im Wundholz. Vöchting führt diesen unregelmässigen Verlauf der Elemente auf die Polarität der Zellen zurück.

Mäule (28.) und Krick (24.) untersuchten später im Tübinger Institut diese Verhältnisse an Wundholz und Rindenknollen eingehender.

Auf Veranlassung von Herrn Professer Berthold habe ich die Regenerationserscheinungen bei Helianthus annuus und Polygonum cuspidatum untersucht. Ich begann im Herbst 1894 mit von Herrn Professor Berthold im Frühjahr desselben Jahres verletztem Material von Helianthus meine Untersuchungen. Die Knospen der jungen $^2/_3$ m hohen Pflanzen waren mit einer Lancette von oben angestochen, die Stammspitzen dadurch geteilt. Da die Resultate zu weitern Untersuchungen anregten, wurde in den beiden folgenden Jahren Helianthus in gleicher Weise aber in etwas anderm Entwicklungszustande verletzt. Anfang April 1896 wurde in gleicher Weise Polygonum angestochen, das Hauptmaterial für meine Untersuchungen über diese Pflanze lieferte aber das Jahr 1895, in welchem die obersten sehr kurzen jugendlichen Internodien durch einen Längsschnitt gespalten wurden, ohne das die Spitze der Pflanze verletzt wäre. Die Versuchsordnung ist also in diesem Falle dieselben, wie bei Kny (22).

Der normale Bau von Helianthus annuus.

Alle Versuche mit Helianthus wurden mit Pflanzen angestellt, welche auf sonnigen Beeten des Göttinger Gartens kultiviert wurden. Die im Jahre 1894 gezogenen Pflanzen gehören einer verhältnismässig schwachwüchsigen Rasse an. Ihr reich beblätterter Stamm wird bis 2.50 m hoch, ist unten bis 2 cm. dick und schliesst oben mit einem mässig grossen Blütenkorbe ab.

Die Blätter sind nur im untersten Teil der Pflanze gegenständig, sonst wechselständig. Schon im Hochsommer sind die untersten oft abgestorben, was wohl darin seinen Grund hat, dass sie bei dem dichten Stande der Pflanzen stark beschattet sind. Der untere und mittlere Teil der Pflanze trägt nie Zweige, der obere Teil entwickelt bei starken Exemplaren oft einige Seitenzweige, welche mit kleinen Blütenkörben abschliessen. Die Pflanzen von 1895 und 1896 gehören einer viel starkwüchsigeren Rasse an. Ihre Höhe erreicht oft 4 m., ihre Dicke unten oft 3,5 cm. Die Pflanzen sind oben selten verzweigt, ihre Blütenkörbe sind wesentlich grösser, wie 1894.

Da der anatomische Bau der Wundgewebe nur im Vergleich mit dem Bau der normalen Gewebe verständlich ist, werde ich zunächst in Kürze die Anatomie des normalen Stammes von Helianthus geben, soweit sie zu besagtem Vergleich von Interesse ist. Die Pflanzen, unverletzte wie verletzte, sind im Herbst beginnend mit Oktober während des Reifens der Samen untersucht.

Als Verholzungsreagens diente Anfangs Anilinsulfat, später ausschliesslich Fuchsin. Bei allen genaueren das Zellgerüst oder speciell die Verholzung betreffenden Untersuchungen wurde zunächst der Zellinhalt entfernt. Der Schnitt wurde, wenn das Gewebe nicht allzu zart war,

im Reagenzglase mit Eau de Javelle gekocht, dann mit Wasser gut gespült, mit Salzsäure einige Minuten digeriert, dann wieder gespült und endlich mit schwach weinrot gefärbter wässriger Fuchsinlösung aufgekocht. Die so behandelten Präparate lassen die verholzten Partien schärfer erkennen, wie mit Anilinsulfat behandelte Präparate, und sind viel haltbarer. Im übrigen sind die mit den beiden Färbemitteln erhaltenen Resultate ganz gleich.

In einer Höhe von 1 m ist eine 2.25 m hohe Pflanze von 1894 1,2 cm dick. Auf dieser Höhe liegt unter der Epidermis der nur von den schmalen spindelförmigen Chlorophyllnestern unterbrochene 100—150 μ dicke Collenchymring. Die unverholzte parenchymatische Rinde ist, je nachdem sie vor einem Rindenstrahl oder vor einem Gefässbündel gemessen wird, 200—300 μ dick. In ihr liegen ungefähr 45 grössere Oelgänge. Die nun folgende Bündelzone ist, abgesehn von bestimmten Stellen der Weichbaststränge und des Primärholzparenchyms, verholzt und 0,8—1,7 mm. dick Aussen ist sie begrenzt durch die nicht immer deutliche Stärkescheide, innen ist alles verholzte Parenchym zu ihr zu rechnen, sodass die Grenzlinie einige Zellreihen innerhalb des Primärholzes verläuft.

Hinter den verholzten Markstrahlen macht das unverholzte Mark gewöhnlich eine kleine Ausbuchtung nach aussen, welcher eine solche der Rinde nach innen vor dem entsprechenden Rindenstrahl entspricht, sodass der Bündelquerschnitt die Form eines abwechselnd verbreiterten uud verschmälerten Bandes hat. Im Bündelringe liegen 32 grössere und 16 kleinere 0,6—1,6 mm dicke, in der Cambiumzone bis 800 μ breite Bündel, welche ausser den Grössendifferenzen auch qualitative Unterschiede zeigen und verschiedene Bündeltypen bilden. Zwischen den Bün-

deln liegt das Interfascicularholz, welches neben den verschiedenen Bündeltypen in verschiedener Dicke ausgebildet ist und 400 μ an Dicke erreichen kann. Der parenchymatische Rest des Bündelringes ist Mark- und Rindenstrahl. Der erstere ist durch die Interfascicularbildungen stark sekundär verändert, der letztere nur stellenweise in seiner innersten Schicht. Der Rindenstrahl ist 150—300 μ dick und je nach der Entfernung der benachbarten Bastfaserstränge 200—1000 μ im Mittel 500 μ breit.

Innerhalb der Bündelzone liegt der 0,9 cm. dicke unverholzte Markcylinder, dessen im allgemeinen kreisrunde Querschnittsform durch die des umgebenden Bündelringes bestimmt ist. Die Anordnung der Gewebe ist bei Helianthus also die des normalen Dikotylenstammes, einige allerdings sehr schematisierte Abbildungen finden sich unter den „Wandtafeln für den Unterricht in der Pflanzenphysiologie etc." von Dr. B. Frank und Dr. A. Tschirch (14. Tafel 19. 20.)

Die Epidermiszellen sind in normaler Weise ausgebildet, die beiden Tangentialwände sind ziemlich stark verdickt, weniger die Radialwände und Querwände. Die einzelnen Zellen sind 30—120 μ lang 10—40 μ breit und 15—25 μ dick. Die Zellen in der Nähe der Haare und Spaltöffnungen bleiben an Länge und Breite hinter dem Mittel zurück.

An nicht zu dicken Stämmen sind die Epidermiszellen in der Richtung des Stammes gestreckt, sie liegen in den Mutterzellen entsprechenden Längsreihen, an dicken Stammteilen ist diese Anordnung jedoch oft undeutlich geworden. An Anhangsgebilden finden sich kurze Haare, welche aus einer etwa achtgliedrigen Zellreihe bestehen, in der Mitte dicker wie an den beiden Enden und einseitig gekrümmt sind, also Kommaform haben und, weniger

häufig, grosse Borsten, die auf mehr oder minder starken Podien stehen. Ausserdem finden sich die von Hanstein (19.) beschriebenen Drüsenhaare, welche ich, da sie für die Stammanatomie kein wesentliches Interesse haben, nirgends berücksichtigt habe.

Der Collenchymring setzt sich aus 6—8 Tangentialreihen von wenig typischen gekammerten Collenchymfasern zusammen. Dieselben sind im Mittel 22 μ dick und gehn in Bezug auf Weite und auf Stärke der Wandverdickung allmählig in die Rindenzellen über, sie sind also in den innern Schichten weiter und weniger verdickt. Die Länge der Faserkammerungen schwankt zwischen 50 und 200 μ, die der äussersten Schicht zwischen 50 und 140 μ. Die Chlorophyllnester liegen direkt unter der Epidermis, sie sind sehr schmal, einige mm lang, und keilen sich nach oben und unten aus. Ueber ihnen liegen eine oder mehrere Spaltöffnungen, welche an andern Stellen gewöhnlich fehlen. In ihrer Mitte durchbrechen die Chlorophyllnester das Collenchym ganz, sie stehn dann in direkter Verbindung mit der unverholzten parenchymatischen Mittelrinde, welche ebenfalls, wenn auch in viel geringerem Maasse Chlorophyll enthält.

Die Zellen der parenchymatischen unverholzten Rinde sind 30—90 μ dick, 30—130 μ breit, 40—170 μ lang. In der Umgebung der Oelgänge sind sie wesentlich enger, aber nicht kürzer, nur die Zellen der Epithelschicht sind auch kürzer wie die andern Rindenzellen. Nur wenig kleiner wie die unverholzten Rindenzellen sind die Zellen des verholzten Rindenstrahls, welche von jenen durch die Stärkescheide getrennt sind. Die Zellen der letzteren entbehren wie bei vielen Phanerogamenstengeln der charakteristischen Wandverdickung. Sie sind ringsum verholzt und haben als verholzte Zellen eine Korklamelle,

sodass bei der Behandlung mit concentrierter Schwefelsäure eine dünne Lamelle erhalten bleibt. In jugendlichen Organen und in dem obern Teil des ausgewachsenen Stammes ist sie leicht durch ihren Gehalt an zahlreichen runden kleinen Stärkekörnern zu erkennen. In den untern Stammteilen fehlt hier im Herbst die Stärke meist ganz, sodass die Lage der Scheide dann schwer festzustellen ist. Im allgemeinen ist sie die äusserste verholzte parenchymatische Schicht, nur in einigen Fällen habe ich beobachtet, dass auch ausserhalb einige direkt an die Scheide stossende Zellen verholzt sein können. Die Zellen der Stärkescheide sind von der Weite mittelgrosser Rindenzellen und 60—100 μ lang. Meist sind sie vor dem Rindenstrahl etwas weiter wie vor dem Bündel.

Die Bündel verlaufen im allgemeinen vertikal im Stamm, ohne Anastomosen einzugehn, diese kommen nur in bestimmten Bündeln in der Nähe der Blattinsertion vor. An trocknen Pflanzen kann man besonders in der untern Hälfte schon mit blossem Auge den Verlauf der grössern Bündel verfolgen, die kleinsten Bündel entziehn sich jedoch der Beobachtung. Nur an einer Stelle habe ich den Bündelverlauf in Knoten genauer an einer Serie von Querschnitten mikroskopisch untersucht. Das Ergebnis ist das beifolgende Schema, welches ein etwa 7—8 mm breites 3 mm langes Stück des oberen Teils einer starken Pflanze von 1896 vorstellt. (Abb. 1).

Bevor das Mittelbündel a. in den Stammbündelring aufgenommen wird, geschieht das mit dem Bündelring der Knospe, welcher, da diese nicht ausgetrieben ist, nur wenig entwickelt ist. Mit dem Auseinanderweichen der Bündelhälften d. und f. rücken dieselben auch gleichzeitig nach aussen, sodass Bündelkreis des Stammes und der Knospe zur Berührung kommen. Darauf weichen an der

Berührungsstelle die Teile der beiden Bündelringe nach den Seiten auseinander, indem das Mark der Knospe mit dem des Stammes in direkte Verbindung tritt. Es entsteht dadurch eine weit nach aussen vorgezogene Bündelzone, deren äussere Teile nach oben mit der Knospe und deren innere Teile nach oben mit den beiden Bündeln d. und f. in Verbindung stehen. An den Flanken und an der Innenseite des Xylems des eintretenden Mittelbündels sowohl wie der beiden Seitenbündel b. und c. liegen zahlreiche kleine Weichbastteile. Der Zusammentritt dieser „Bündelkreise", wie man die Blattspurstränge mit ihrem Siebteilkreise nennen könnte, mit dem Bündelkreise des Stammes findet in gleicher Weise statt, wie es bei der Knospe geschildert ist. Alles Weitere ist aus der Zeichnung ersichtlich. Ich füge ein Querschnittsschema bei, um die Grössenverhältnisse der einzelnen Bündel, welche auf Abb. 1 nur angedeutet werden konnten, besser hervorzuheben. (Abb. 2). Es entspricht dem Grunde von Abb. 1. In vielen andern Fällen konnten makroskopisch ähnliche oder gleiche Verhältnisse nachgewiesen werden, in andern auch nicht. Ob in letzterem Falle wesentliche Abweichungen vorlagen oder ob nur die Mängel der Beobachtungsweise kleine Anastomosen unentdeckt liessen, habe ich nicht untersucht. Besonders variiert die Entfernung der Anastomosen von der Eintrittsstelle der Blattspurstränge, dieselbe kann bis 10 cm betragen. Selten sind Anastomosen starker makroskopisch sichtbarer Bündel, welche sich nicht dem Schema einordnen.

Auf einem und demselben Querschnitt finden wir naturgemäss Bündel, welche Blättern sehr verschiedener Höhe angehören, das eine Bündel ist nahe seiner Austrittsstelle geschnitten, andre in mehr oder minder grossem Abstande von dieser. Aus diesem Grunde und weil das einzelne Bündel

sich in seiner Zusammensetzung in seinem Verlaufe ändert, zeigt derselbe Stammquerschnitt die verschiedensten Bündelquerschnitte neben einander. Die ältesten Bündel des Querschnitts (Abb. 3), welcher in einer Höhe von 1 m. unserer Pflanze entnommen ist, sind die drei Blattspurstränge des nächst höhern Blattes. Das Mittelbündel a. ist 1,2 mm dick. Sein Bastfaserbündel ist 550 μ dick und 700 μ breit, die einzelnen Bastfasern sind etwas weniger verdickt, wie in den andern Bündeln. Der Siebteil besteht aus einem 700 μ breiten nur 50 μ dicken Bande, welches durch verholzte Zellgruppen in 50 mm breite Teile zerlegt wird. Das Sekundärholz ist nur 50—100 μ dick, etwa 850 μ breit, und besteht aus ungefähr 15 μ weiten cambial entstandenen Elementen, deren Natur auf dem Querschnitt nicht zu erkennen ist. Der Tangentialschnitt zeigt, dass gestrecktes Parenchym von der Länge der Cambiumzellen, mit Tüpfeln versehene gleichlange enge Gefässglieder oder Tracheiden und kurze Fasern vorkommen. Das Primärholz ist bis 400 μ dick, 1 mm breit, seine Grundmasse bilden verholzte wenig verdickte gestreckte Parenchymzellen, unter denen solche mit einseitig prosenchymatischer Endigung vorkommen, sodass viele dieser Zellen wohl als Faserkammerungen anzusehen sind. In dieser Grundmasse liegen zehn nach dem Mark zu divergierende Reihen von bis 50 μ weiten Spiralgefässen. Die mittleren Reihen enthalten etwa je 5 weite Gefässe, die Seitenreihen weniger, die ältesten engsten Gefässe sind wie immer zerrissen. Hinter den mittleren Gefässreihen liegt je eine bis 100 μ dicke Fasersichel, die aus stärker verdickten, ziemlich weiten, meist gekammerten Fasern besteht. Zwischen diesem Mittelbündel und den beiden Nachbarbündeln liegt etwas nach aussen vorgeschoben, das Interfascicularholz. Es

ist an beiden Seiten des Mittelbündels etwa gleich gebaut. Die dem Mittelbündel benachbarte Hälfte ist dünn und besteht aus einigen tangential geteilten Parenchymzellen. Die andre neben dem sekundärholzreichen Nachbarbündel liegende Hälfte ist wesentlich dicker und besteht aus einer faserreichen Grundmasse, in welcher auch mittelgrosse Gefässe vorkommen. Oft habe ich beobachtet, dass während neben dem sekundärholzreichen Nachbarbündel ein dickes Interfascicularholz gebildet ist, neben dem sekundärholzarmen obern Teil der Bündel das Interfascicularholz ganz fehlt.

Ein andres Bündel (b.), welches etwa 20 cm. unter seinem Austritt geschnitten sein mag, ist 1,5 mm dick. Seine Fasersichel ist 350 μ dick und 250 μ breit, die einzelnen Fasern sind stark verdickt und englumig. Der Siebteil ist 130 μ dick und 300 μ breit, er ist nicht durch verholzte Partien in einzelne kleine Gruppen zerlegt. Das Sekundärholz ist 650 μ dick und an der Grenze zum Primärholz 500 μ breit. Es besteht abgesehn von den parenchymatischen sekundären Markstrahlen aus einer Grundmasse von Fasern, in welche die Gefässe mit ihrem Parenchymbelag eingebettet sind. Die Holzelemente sind in Radialreihen angeordnet, welche nur durch die grösseren Gefässe eine Unterbrechung erfahren. Diese letzteren liegen oft in mehr oder weniger deutlichen Tangentialbinden, von welchen 3 oder 4 oder 5 in einem grossen Bündel vorkommen können. Die weitesten Gefässe, welche bis 90 μ erreichen können, liegen in der Nähe des Primärholzes, nach dem Cambium zu nimmt die Weite der Gefässe ab. Die jüngste 50 μ dicke Holzschicht besteht nur aus engen Elementen und hat eine ähnliche Zusammensetzung, wie das Sekundärholz des beschriebenen Mittelbündels. Das Primärholz ist nur 250 μ dick und

400 μ breit. Die Anzahl der nach dem Mark zu nur wenig divergierenden Gefässreihen beträgt nur sechs, die Anzahl der weiteren Gefässe beträgt in einer Reihe höchstens drei. Die Grundmasse des Primärholzes ist im Gegensatz zu dem ersten Querschnitt unverholzt, und während dort mehrere Fasersicheln hinter dem Primärholz liegen, ist hier nur eine vorhanden. Das Interfascicularholz ist neben diesem Bündel an der einen Seite 400 μ dick. Es ist, wie die gleich dicke jüngste Schicht des Bündelquerschnittes gebaut. Weite Gefässe sind nicht selten, sie finden sich in der Nähe des Marks, oft auch direkt am Mark als erste Produkte des Interfascicularcambiums.

Eins der kleineren Bündel dieser Höhe liegt neben dem beschriebenen Mittelbündel und ist 650 μ dick. Seine Bastfasersichel ist 150 μ dick und breit, sein Siebteil 110 μ dick und 150 μ breit, sein Holz besteht nur aus einem 400 μ dicken 250 μ breiten Sekundärholz. Letzteres ist wie die gleich dicke jüngste Sekundärholzschicht des dickern Bündelquerschnitts zusammengesetzt. Das benachbarte Interfascicularholz ist wie immer dünner wie das Bündelsecundärholz, an der einen Seite neben einem sekundärholzreichen Bündel ist es ziemlich dick, nach dem Mittelbündel zu nimmt es, wie geschildert, an Dicke bald beträchtlich ab.

Die primärholzlosen Bündelteile sind ebenso wie die sekundärholzarmen auf unserm Querschnitt selten. Man kann daraus schliessen, dass nur ein kurzer oberer Teil des einzelnen Bündels sekundärholzarm, nur ein kurzer unterer Teil primärholzlos ist, der grössere mittlere Teil des Bündels aber mit Primärholz sowohl wie mit Sekundärholz reichlich versehn ist. Wir setzen dabei voraus, dass die auf verschiedener Höhe ins Blatt gehenden Bündel

gleich gebaut sind, was sicher nicht der Fall ist, sind doch die drei in dasselbe Blatt einliegender Blattspuren einander nicht genau gleich. Trotzdem halte ich die Unterschiede unter den zu verschiedenen Blättern gehörenden Bündeln nicht für so bedeutend, dass ich nicht die eben geschilderten neben einanderliegenden Querschnitte verschiedener Bündel für in der Längsrichtung auf einander folgende Zustände desselben Bündels substituieren könnte. Danach findet im Bündel von oben nach unten eine Abnahme der Breite statt. Etwas complicierter sind die Veränderungen der Dicke der Bündel und der einzelnen Gewebe. Bastfasersicheln, Primärholz und innere Fasersicheln, also alles Primärteile der Bündel, nehmen von oben nach unten ab. Die Maasse für Dicke und Breite der Bastfaserbündel sind auf den drei Querschnitten $550 \times 700\,\mu$, $320 \times 250\,\mu$ und $150 \times 150\,\mu$, die gleichen Maasse für das Primärholz sind $400 \times 1000\,\mu$ und $250 \times 400\,\mu$, auf dem letzten Querschnitte fehlt das Primärholz ebenso wie die innere Fasersichel ganz. Die letztere verschwindet, wie auch aus dem Querschnittsbild des Bündels e der Abbildung 3 hervorgeht, eher, wie das Primärholz. Wenn trotz der Abnahme aller Primärteile zunächst eine starke Dickenzunahme im Bündel zu verzeichnen ist, so ist das auf Rechnung des starken Sekundärzuwachses im Siebteil und Holz zu schieben. Die Maasse für Dicke und Breite sind auf den drei Querschnitten für den Siebteil $50 \times 700\,\mu$, $130 \times 300\,\mu$ und $110 \times 150\,\mu$, für das Sekundärholz $50 - 100 \times 850\,\mu$, $650 \times 500\,\mu$ und $400 \times 250\,\mu$. Die Reihen der Primärgefässe, welche oben im Bündel stark divergieren, sind im mittlern und untern Teil des Bündels einander parallel. Die Anzahl derselben nimmt nach unten stark ab.

Im engsten Zusammenhange mit der Ausbildung des

Bündelsekundärholzes, steht die des Interfascicularholzes, indem das letztere mit dem Bündelsekundärholz von oben nach unten erst zu und dann abnimmt, stets dünner wie jenes bleibend. In seinem Bau ähnelt das Interfascicularholz der jüngsten gleich dicken Schicht des Bündelsekundärholzes.

Die grösste auf dieser Höhe gemessene Dicke beträgt bei der Bastfasersichel 600 μ, beim Siebteil 150 μ, beim Sekundärholz 700 μ und beim Primärholz 600 μ. Die stark verdickten und verholzten Bastfasern sind in ihrer Hauptmenge ungekammert bis 2 mm lang und etwa 20 μ weit. An allen Seiten der Bastfasersicheln finden sich wenige weitere gekammerte Fasern als Uebergangsformen zum Parenchym. Im Blattgrunde wird die Bastfasersichel durch einen Gewebestrang von unverholzten wenig verdickten kurzen Elementen ersetzt, nach dem Stamme zu findet der Uebergang so statt, dass zuerst an der Peripherie, dann im Centrum des Stranges sich normale Verhältnisse einstellen. Auch in einzelnen der kleinen neben den austretenden Blattspursträngen verlaufenden Bündeln können in den Bastfasersicheln Veränderungen eintreten, die Bastfasern werden auffallend schwach verdickt, bleiben aber stets verholzt. Der Siebteil besteht aus Cambiumform und den Siebröhren mit ihren Geleitzellen. Siebröhrenglieder und Cambiform sind 150—350 μ, die Geleitzellen 60—85 μ lang. Die Siebröhren sind 15—25 μ weit, die Cambiformzellen sind weiter, die Geleitzellen enger. Nur im Herbste kann im Siebteile Verholzung eintreten und zwar nur im obersten Teil des Bündels. Sie erstreckt sich nur auf die Cambiformzellen, besonders auf solche, welche vor einem sekundären Markstrahl liegen. Nach meinen Beobachtungen kann ich annehmen, dass dieses im obersten Teil

des Bündels auftretende teilweise Verholzen des Weichbastes mit dem Absterben des zugehörigen Blattes in Zusammenhang steht, denn es findet, so viel ich gesehn, nur statt, wenn das Blatt abgestorben ist und nicht in Blattspuren noch lebender Blätter. Meine Untersuchungen sind jedoch nicht genügend ausgedehnt, um diese Frage zu lösen. Davon, dass das Absterben des Blattes in der That von Einfluss auf die zugehörigen Stamm-Gewebe ist, kann man sich leicht makroskopisch überzeugen. Die untern Blätter sind bei unsern in dichtem Bestande stehenden Exemplaren im Herbst stets abgestorben, und ebenso, anschliessend an den toten Blattgrund, eine oft mehrere cm. hinablaufende Partie der über den Blattspursträngen gelegenen Stammrinde, wie aus der Bräunung und dem Zusammenfallen dieses Gewebes ersichtlich ist.

Das Sekundärholz besteht, wie schon oben erwähnt, aus einer Grundmasse von Fasern und eingelagerten Tüpfelgefässen. Die Weite derselben schwankt zwischen 15 und 90 μ, die Länge der einzelnen Glieder zwischen 200 und 350 μ. Ihre im dicken Sekundärholz deutliche Anordnung zu Tangentialbinden ist im dünnen Holz oft undeutlich. Die Libriformfasern haben die Weite der Bastfasern, sind aber oft weniger stark verdickt und scheinen meist kürzer zu sein. Die wenigen in der Cambiumnähe gemessenen sind 400—800 μ lang. An mindestens einer Seite der Gefässwandung liegen enge gestreckte Parenchymzellen, welche ebenso lang, meist kürzer wie die Gefässglieder sind. An andern Seiten kann das Gefäss auch direkt an Libriform grenzen. Vom Cambium aus schneiden in das Sekundärholz Markstrahlen mehr oder weniger tief ein. Dieselben bestehn aus einem meist nur eine oder zwei Zellreihen breiten Gewebe von verschiedener Höhe, welches sich aus 50—200 μ langen 15—25 μ

weiten verholzten Parenchymzellen zusammensetzt. Vom Primärholz nach dem Cambium zu nehmen die Gefässe an Weite ab, das Gleiche scheint für die Länge der Fasern der Fall zu sein, die Anzahl der sekundären Markstrahlen nimmt in gleichem Sinne zu. Das Primärholz besteht aus einer unten im Bündel unverholzten, im obern Teil aber oft verholzten Grundmasse von Parenchym. Die Verholzung des Primärholzes steht anscheinend in gar keinem Verhältnis zu dem Absterben des zugehörigen Blattes, denn sie findet sich auch bei Bündeln, welche lebenden Blättern angehören. Die Primärgefässe liegen in mehr oder weniger nach dem Mark zu divergierenden Reihen, deren Anzahl mit der Grösse der Bündel abnimmt. Die Parenchymzellen, bei welchen faserartige Endigungen vorkommen, sind bis 30 μ weit und 100—400 μ lang, die Gefässe bis 60 μ weit und 450—550 μ lang, die ältesten engsten liegen an der Innenseite und sind zerrissen.

Die innere Fasersichel kommt nur im obern Teil der Bündel vor, sie fehlt im untern Teil und in dieser Ausbildung auch im Blattgrund. Sie liegt nur hinter den mittleren Gefässreihen des Primärholzes und ist von geringer Ausdehnung, meist nur 100 μ dick. Ihre verholzten Fasern sind meist gekammert und wenig verdickt. Das Interfascicularholz kann neben dem sekundärholzarmen obersten Teil des Bündels ganz fehlen, seine Dicke nimmt mit der des benachbarten Bündels ab und zu und erreicht 400 μ. Die Cambiumzone biegt vom Bündel aus meist nach aussen vor, sodass das Interfascicularholz näher an der Oberfläche liegt, wie das Bündelholz. Die Zusammsetzung beider zeigt keine auffälligen Unterschiede. Das Interfascicularholz ähnelt sehr der gleich dicken jüngsten Schicht des Bündelholzes, nur scheinen im ersteren die tangentialen Gefässbinden ein-

ander mehr genährt zu sein. Von Bündelholz ist es durch einen Markstrahl getrennt. Im Gegensatz zu den interfascicularen Holzbildungen sind die diesen entsprechenden interfascicularen Bildungen der Rinde von geringer Ausdehnung. Ausserhalb der jüngsten Holzschicht liegen verholzte gestreckte parenchymatische Zellen, welche in Bezug auf Weite zwischen den Rindenstrahlzellen und den jüngsten Holzzellen stehen und welche die sekundäre Interfascicularrinde ausmachen. Sie sind nur in dünner Schicht ausgebildet, meist liegen nur wenige, oft nur eine auf einem Radius. Mitten im verholzten Rindenstrahl verlaufen öfter kleine Bastfaserbündelchen und Siebteile, getrennt oder gemeinsam, welche oft aus sehr wenig Elementen bestehen und untereinander und mit den Gefässbündeln anastomisieren. Das Mark ist im Herbst in seiner grösseren mittleren Partie abgestorben. Seine Zellen sind bis 300 μ lang und weit, an der Peripherie sind sie viel enger, wie im Centrum, selten auch länger. In der Nähe der grossen Bündel liegen im Mark kleine Oelgänge, die früh zu funktionieren aufhören.

(Dünnere Stammteile.) Dieselbe Pflanze ist 10 cm unter dem Köpfchen 6 mm dick. Die Epidermis ist hier mit wesentlich mehr Haaren und Borsten versehn, das Collenchym ist ebenso dick oder unbedeutend dicker, wie unten, die parenchymatische unverholzte Rinde ist dagegen viel stärker, sie misst 200—700 μ. Gefässbündelring und Mark sind wesentlich dünner, wie auf dem geschilderten dicken Querschnitt. Die Stärkescheide enthält auf dieser Höhe auch im Spätherbst noch zahlreiche kleine Stärkekörner, zu einer Zeit also, zu welcher unten am Stamm die Scheide vollständig stärkefrei ist. Der Gefässbündelring besteht hier aus 40 200—700 μ breiten 300—600 μ dicken Bündeln, welche durch 80—200 μ

breite verholzte primäre Markstrahlen getrennt sind, in welchen Interfascicularbildungen noch ganz fehlen. An der Verkleinerung des Bündelquerschnitts sind die Gewebe in verschiedenem Maasse beteiligt. Die Dicke der Bastfaserbündel beträgt 80—250 μ gegen 150—600 μ auf dem tiefern Querschnitt, die des Weichbastes 60—100 μ gegen 50—150 μ, die des Sekundärholzes nur 50 μ gegen 50—700 μ, die des Primärholzes, die innere Fasersichel eingerechnet, 150—250 μ gegen eine maximale Grösse von 600 μ auf dem dickern Querschnitt. Die Verminderung der Grösse dieser Gewebe ist hauptsächlich auf eine starke Abnahme der Anzahl der Elemente zurückzuführen, in geringem Maasse auch auf eine Grössenabnahme der letzteren. Die Bastfasern sind hier im Mittel 12 μ dick gegen 20 μ am dickern Querschnitt, die Siebröhren 12—17 μ gegen 15—25 μ, die weitesten Gefässe des Sekundärholzes 20 μ gegen 90 μ, die des Primärholzes 40 μ gegen 60 μ.

Auffallend ist das Querschnittsbild dadurch, dass alle Bündel ziemlich nahe ihrem obern Ende quergeschnitten sind und daher alle gleich gebaut sind. Alle Bündel bestehn aus Bastfasersichel, Siebteil, Sekundärholz, Primärholz und inneren Fasersichel. Das Mark ist hier nur wenig entwickelt, 2—3 Reihen enger Zellen umschliessen die hier entstandene 2,5 mm weite Markhöhle.

(Stärkere Pflanzen.) Nur wenige Pflanzen von 1894 sind wesentlich stärker, wie die geschilderte. Auf $^2/_3$ m Höhe misst eins dieser Exemplare 2 cm im Durchmesser. Die Gewebe sind, wie beschrieben, angeordnet, aber meist in dickerer Schicht ausgebildet. Die Dicke des Collenchymringes beträgt 150—220 μ gegen 100—150 μ bei der schwächern Pflanze, die der hier oft collabierten unverholzten parenchymatischen Rinde 200—400 μ gegen

200 — 300 μ, die der Faserbündel 200—700 μ gegen 150 — 600 μ, die der Siebteile 80 — 200 μ gegen 50—150 μ, die des Sekundärholzes 80—1000 μ gegen 50—700 μ, die maximale Dicke des Primärholzes einschliesslich der innern Fasersichel beträgt 700 μ gegen 600 μ, die des Interfascicularholzes 450 gegen 400 μ.

(Rasse von 1895 und 96.) Die meisten Pflanzen der Rasse von 1895 und 96. sind bedeutend stärker, wie die des Vorjahres. Alle Gewebe sind auf entsprechender Höhe stärker entwickelt. Besonders dick ist das fasciculare und interfasciculare Sekundärholz, es kann oft 2 mm, an Dicke erreichen[1]). Dagegen sind die übrigen Gewebe nur wenig dicker, wie bei den stärkern Exemplaren von 1894. Wie bei den Pflanzen des Vorjahres ist auch bei diesen im Herbst das centrale Mark abgestorben, seine Zellen mit Luft erfüllt. Bei einem starken etwa 3 m hohen Exemplar ist 2 cm über dem Cotyledo der Stamm 26 mm, das tote Mark 9 mm, 100 cm höher bei gleicher Stammdicke 19 mm dick, 200 cm über dem Cotyledo bei 20 mm. Stammdicke 15 mm, 280 cm über dem Cotyledo bei 12 mm Stammdicke 7 mm dick.

Die untern Stammpartien habe ich nicht in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen, da die Verletzungen nicht unter $^2/_3$ m herabreichen. Die Anatomie dieser untern Stammpartien ist von der obern in manchen Punkten verschieden, es findet ein allmähliger Uebergang zum Bau der Wurzel statt.

1) Primäre Markstrahlen finden sich nur an dünnen Stämmen, und neben dem ins Blatt austretenden Bündeln, sonst sind sie immer sekundär verändert. An den untern Stammteilen findet sich daher ein continuierliches Cambium, ein continuierlicher Holzkörper.

Entwicklung der Stammgewebe bei Helianthus.

Im Laufe des Jahres 1895 habe ich eine Reihe von Untersuchungen über die normale Entwicklung von Helianthus und die der verletzten Pflanzen gemacht und dabei besonders die Verteilung des Gerbstoffs untersucht.

Die Pflanzen wurden, in passende Stücke zerlegt, mit ziemlich concentrierter Kaliumbichromatlösung injiciert, wenigstens drei Tage in der Lösung belassen und darauf mit Wasser gut gewaschen. Durch diese Behandlung wird der Zellinhalt je nach dem Gehalt an Gerbstoff hellgelb bis schwarzbraun gefärbt. Material und Schnitte wurden in Glycerin aufbewahrt.

Eine zur Zeit der Verletzung, Anfang Juni, geerntete Pflanze ist 48 cm hoch und unten 1 cm dick. Das Hypocotyl ist 10 cm, das 2 te Internodium 12 cm, das 3 te 16 cm lang, das 4 te 0,9 cm dicke ist 7,5 cm, das 5 te 0,7 cm dicke ist 2 cm lang, die Knospe misst die Blattanlagen nicht eingerechnet 8 mm und ist unten 0,5 cm dick.

Auf Abbildung 4, welche ein stark schematisiertes Längsschnittsbild der obersten 1,5 mm des Stammes giebt, ist c. der 250 μ breite 120 μ hohe meristematische Vegetationspunkt. Seine Zellen sind mit Protoplasma erfüllt und schliessen ohne Intercellularen an einander. Der Inhalt der Zellen ist ganz schwach gelblich gefärbt, viel heller wie 1 der Kutscher'schen Tabelle 25. (Tafel I). und ist daher wohl als gerbstofffrei zu betrachten. Etwas tiefer treten in scharfer Grenze, welche auf der Abbildung durch die Linie b. b. gegeben ist, Intercellularen auf und zwar oben in einer ringförmigen Zone, welche eine 300 μ hohe Einsenkung (unter c.) intercellularenfreien Gewebes umfasst. Im Grunde der Einsenkung tritt in dem intercellularenfreien Gewebe Gerbstoff, gekennzeichnet

durch Gelbfärbung, auf, also vor der Bildung der Intercellularen, während in dem umgebenden Ringe gleichzeitig mit jenen der Gerbstoff sich einstellt. Querschnitte, welche durch den obersten Teil der Einsenkung gehn, zeigen daher ein intercellularenfreies und farbloses Centrum, welches von einem gerbstoffhaltigen Ring umgeben wird, welcher durch Luft führende Intercellularen dunkler erscheint, wie es nach der blossen Gerbstofffärbung der Fall sein würde. Eine Farbendifferenz bleibt aber auch nach dem Verdrängen der Luft durch Alcohol bestehn. Nach unten tritt in dem gesammten intercellularenhaltigen Gewebe eine Zunahme des Gerbstoffs ein, 500—600 μ unter der Stammspitze ist dieses Gewebe in einem Gerbstoffmaximum, welches sich durch dunkelbraune Färbung kennzeichnet. Dieses gerbstoffhaltige Gewebe ist der grössere Teil des Marks, es entwickelt sich ganz unabhängig von den Bündeln. Das periphere Mark mit den Oelgängen dagegen entwickelt sich in Abhängigkeit von den zugehörigen Bündeln, auf dieser Höhe ist es noch zum grossen Teil meristematisch, seine Entwicklung wird mit der der Bündel besprochen werden. Während im Gerbstoffmaximum das Centralmark gleichmässig gefärbt erscheint, kann man etwas tiefer wieder eine innere und eine äussere Zone desselben unterscheiden. In beiden ist eine Gerbstoffabnahme zu constatieren, dieselbe findet aber innen langsamer, aussen schneller statt. Am Grunde unserer Abbildung 4., 1,5 mm unter der Stammspitze zeigt der Querschnitt eine innere gelbbraune und eine äussere hellere Partie des Centralmarks, 8 mm unter der Kuppe, am Grunde der Knospe sind beide Zonen, das ist das ganze Centralmark, fast farblos geworden, das periphere Mark ist nirgends auf dieser Höhe noch meristematisch und ist, je nachdem es hinter ältern oder jüngern

Bündeln liegt, mehr oder weniger weit in seiner Entwicklung.

Stärke, welche in der Stammspitze vieler Pflanzen so reichlich vorkommt, dass man eine Stärkezone unterscheidet fehlt dem Stamm von Helianthus fast ganz, sie findet sich nur in der Stärkescheide und in den Schliesszellen der Spaltöffnungen.

Die Hauptmenge der Längsteilungen findet im Centralmark hoch oben vor dem Eintreten des Gerbstoffmaximums statt, im peripheren Mark etwas tieferin der Knospe, Querteilungen noch im Grunde der Knospe, hauptsächlich aber ebenfalls höher oben.

Auf der Höhe der Blattanlagen 3 und 4 (Ab. 4.) folgt ausserhalb des Centralmarks eine meristematische Zone, aus welcher später der Bündelring, das periphere Mark mitsammt seiner Oelgänge und die die Oelgänge noch umschliessende Innenrinde hervorgehn. Die Querschnittsform dieser Zone ist ein Ring, in welchen an der Innenseite zahlreiche vom Mark ausstrahlende schmale Zipfel gerbstoffhaltigen hellgelben zum Teil auch intercellularenhaltigen Gewebes mehr oder weniger tief einschneiden. Die einzelnen aussen noch mit einander verbundenen meristematische Partien lassen also schon früh das Querschnittsbild des fertigen Bündelringes erkennen. Die Anzahl der eigentlichen Bündelstränge ist, da die trennenden Markstreifen hinter den jüngern Bündeln bisweilen sehr kurz und wenig gefärbt sind, nicht sicher zu ermitteln, sie beträgt ungefähr 20—25, was 7—8 Blattbasen entsprechen würde. Sie liegen zu dreien, wie sie ins Blatt auslaufen, neben einander, zwischen ihnen liegt verbindendes Meristem, aus welchem sich später die höhern Blättern angehörenden Bündel mit zugehörigem Mark und Rinde bilden werden. Die jungen Bündelstränge

zeigen noch gar keine Differenzierung, sie unterscheiden sich nur durch die Grösse etwas, die ältern des Querschnitts sind grösser, wie die jüngern. Hinter den grössern ältern Bündeln ist die innerste Zone des peripheren Marks hellgelb und zum Teil mit Intercellularen versehn, hinter den kleinen jüngern Bündeln ist die entsprechende Partie noch meristematisch. Ausserhalb des Meristemringes folgen nunmehr in nicht ganz genau $^2/_5$ Stellung noch 10 Blattbasen, von welchen die innersten fünf an der Schnittoberfläche mit dem Stamm in Zusammenhang stehn, sodass hier eine eigne Stammoberfläche nicht vorhanden ist. Da die Rinde dieser Blattbasen schon einige Veränderungen zeigt, muss für das Studium derselben auf die jüngern Blattanlagen zurück gegriffen werden.

Die obersten Blattanlagen sind noch ganz meristematisch und ragen als kleine Höcker über den Vegetationspunkt hervor. In diesem Zustande befindet sich Blattanlage 1 der Abbildung 4, welche etwa die 2te oder 3te Blattanlage sein mag. In Blattanlage 2, der 5ten oder 6ten von oben, ist durch ein Gerbstoffmaximum, welches durch Gelbbraunfärbung sich kennzeichnet, das Grundparenchym der Aussenseite von dem meristematischen Rest unterschieden. Weitere Differenzierungen fehlen noch vollständig. Die Basalteile etwas tiefer stehender Blattanlagen zeigen in dem Grundparenchym der Innenseite ein Gerbstoffmaximum, welches jedoch weniger Gerbstoff hat wie das der Aussenseite. In dem Grundparenchym der letzteren ist bereits stellenweise eine Abnahme des Gerbstoffgehaltes verbunden mit Auftreten von Intercellularen zu verzeichnen. Beides findet zuerst in der Innenrinde vor den die Bündelanlagen verbindenden Meristemstreifen statt. In der Epidermis und den angrenzenden Schichten, sowie in der Umgebung der Bündelanlagen

tritt die Gerbstoffabnahme in geringerem Maasse ein, Intercellularen fehlen hier ganz. An der Innenseite, welche für die Anatomie des Stammes von geringem Interesse ist, tritt sehr bald eine Abnahme des Gerbstoffgehalts verbunden mit Auftreten von Intercellularen ein.

Die innerste Blattanlage unseres Querschnitts, deren Bündelanlagen noch nicht in den Meristemring des Stammes aufgenommen sind, ist etwa in dem zuletzt geschilderten Zustande. In der Meristemzone dieser Blattanlage ist ein Fortschritt gegen die gleichen Stammgewebe zu verzeichnen. Im Phloëm des Mittelbündels findet sich Gerbstoff und an dem äussern Teil des Phloëms liegen einige fertige Siebröhren, welche sich durch stark lichtbrechende Membranen und Mindergehalt oder Fehlen von Gerbstoff, was nicht sicher entschieden werden kann, auszeichnen. Die beiden Seitenbündel sind in ihrer Entwicklung etwa so weit wie die ältern des Meristemringes, zeigen also nur eine schwache Gerbstofffärbung in dem zugehörigen peripheren Mark.

Die folgenden ältern Blattbasen unseres Querschnitts haben im Siebteil und im peripheren Mark der Mittelbündel eine braune Gerbstofffärbung. Im Xylem liegt an der Innenseite je ein fertiges sehr enges Spiralgefäss. Die Seitenbündel zeigen etwa die Differenzierung des Mittelbündels der jüngeren Blattanlage.

Während die jüngsten ganz meristematischen Blattanlagen kahl sind, finden sich gleichzeitig mit dem ersten Auftreten des Gerbstoffs im Grundparenchym der Blattanlagen Borsten und Haare ein. Die Borsten selbst sind und bleiben sehr hell, fast farblos, sie scheinen kein ausgeprägtes Gerbstoffstadium zu haben, während ihre Podien immer die Färbung der übrigen Epidermiszellen haben. Die Haare sind zuerst sehr hell, werden dann aber bald gelb.

1,5 mm unter Stammspitze ist der junge Stamm etwa 3 mm dick. Das Centrum des Marks ist gelbbraun gefärbt, nach der Peripherie nimmt die Färbung langsam ab. Das pheriphere Mark ist noch hellgelb und meist intercellularenfrei, nur hinter den wenigen stärkeren Mittelbündeln reichen die Intercellularen bis ans Bündel heran, die Oelgänge mit ihrer Umgebung frei lassend. Im Meristemring sind etwa 9 bis 350 μ dicke Bündel erkennbar. Ihr Siebteil ist dunkelbraun gefärbt bei den ältern Bündeln mehr wie bei den jüngern, die Siebröhren haben einen hellen Inhalt und liegen in dem dunkleren Gewebe zerstreut, hier schon mehr in einer mittleren Region, während die ältesten an der Aussengrenze des Faserbündels lagen. Innerhalb folgt eine helle ziemlich schmale anscheinend gerbstofffreie meristematische Zone. Das folgende Xylem ist gerbstoffhaltig, bei den ältern Bündeln in höherm Maasse, wie bei den jüngern, das braungelbe Maximum des Bündelquerschnitts liegt etwas vor den fertigen Gefässen. Diese sind wie die unfertigen farblos und sind zu 8 oder 9 Radialreihen im Bündel angeordnet. Die mittleren zuerst gebildeten Reihen haben 3 fertige bis 20 μ weite Gefässe und ebensoviel unfertige, die Seitenreihen führen von beiden weniger. Ausser diesen grössern Bündeln sind ungefähr 15 kleinere, welche alle einen, wenn auch geringen, Gerbstoffgehalt im Phloëm haben, im Meristemringe erkennbar, ausserdem einige kleinere noch ganz meristematische. Alle sind durch schmales helles intercellularenfreies Meristem verbunden, nur neben den obersten Bündelteilen, also neben den bald in ein Blatt ausbiegenden Bündeln gehen die Intercellularen vom Mark zur Rinde. Der Gerbstoffgehalt der kleineren Bündel ist gering, meist haben sie nur eine schwache Gelbfärbung im Phloëm. Siebröhren sind nur

wenig vorhanden, ebenso Gefässe, doch sind in den meisten Bündeln einige fertige oder doch unfertige vorhanden. Neben ihnen ist das Gewebe, das spätere Primärholzparenchym schwach gelb gefärbt. Direkt auf die mehr oder weniger gefärbten Bastteile folgt aussen die meist intercellularenfreie Innenrinde, deren innerste Schicht schon auf dieser Höhe an vielen Stellen Stärke enthält. Vor den grossen Bündeln ist die Stärkescheide sehr deutlich, vor den mittelgrossen sind die Stärkekörner kleiner und in geringer Menge vorhanden, vor vielen kleinen Bündeln und vor dem spätern Rindenstrahl fehlt sie noch ganz. Während die innersten Schichten der Innenrinde farblos sind, ist ihr äusserster Saum schwach gelb gefärbt. Die Mittelrinde ist überall farblos und fast immer mit Intercellularen versehn. Dagegen ist die Aussenrinde sehr schwach gelb gefärbt und intercellularenfrei. Vor den ältesten Bündeln sind diese Schichten dicker und ihre Färbung stärker wie vor den jungen Bündeln. An einzelnen Stellen des Querschnitts beginnt schon die collenchymatische Verdickung. Sie fehlt vor den ältesten Bündeln und scheint an den Kanten der Blattbasen und den dazu gehörigen Stammpartien zuerst aufzutreten. Die Epidermis ist hellgelb etwa wie der äussere Saum der Innenrinde gefärbt. Die Borsten sind fast ungefärbt, die Haare dagegen stellenweise, besonders auf den Blattbasen und den dazu gehörigen tiefern Stammpartien, gelblich gefärbt.

3 mm tief ist der Stamm 4,5 mm dick. Das Centralmark ist hellgelb gefärbt, an der Peripherie haben die die Oelgänge umgebenden Zellschichten noch eine gelbe Färbung und sind intercellularenfrei, das umgebende periphere Mark ist, wie überhaupt, intercellularenhaltig und hinter den älteren Bündeln wie das Centralmark hellgelb, hinter den jüngern Bündeln oft noch gelb gefärbt. Hinter

den jüngsten Bündeln, wie sie sich zum Beispiel neben den ins Blatt auslaufenden Blattspursträngen finden, ist die äussere Schicht des Markes mit den jungen kaum erkennbaren Oelgängen sogar noch fast farblos und intercellularenfrei. Im Holzteil der hier bis 600 μ dicken Bündel sind einige Gefässe mehr angelegt, die grössten sind hier bis 40 μ weit. Zwischen den Gefässreihen hat der Gerbstoffgehalt gegen oben noch zugenommen. So besonders in den grossen ältern Bündeln, welche im Parenchymstrahl ein braunes Gerbstoffmaximum neben den jungen noch unfertigen Primärgefässen haben, während innen neben den fertigen Gefässen und aussen zwischen Gerbstoffmaximum und Cambiumzone weniger Gerbstoff in den Zellen vorhanden ist. In den kleinen jungen Bündeln liegt in den Parenchymstrahlen wenig Gerbstoff, ihr Holzquerschnitt hat in der Nähe des Marks ein gelbes Gerbstoffmaximum neben den wenigen Spiralgefässen. Die Gefässe sind immer in fertigem Zustande meist auch in unfertigem farblos, nur selten schien mir direkt vor einer Gefässreihe eine gerbstoffhaltige Zelle zu liegen, welche den Eindruck eines jungen Gefässes machte. Danach würden die später gebildeten Spiralgefässe in ihrer Jugend ebenfalls ein Gerbstoffstadium durchmachen, bei den ältern ist das sicher nicht der Fall, sie bilden sich immer direkt aus dem Meristem. Die bisweilen gelbliche, bisweilen farblose meristematische Zone ist bei den grossen Bündeln durch Anlage der primären Holz- und Bastelemente sehr schmal geworden, bei den jüngern ist sie noch ziemlich breit. Der Bast ist in den grossen und mittelgrossen Bündeln stark braun gefärbt, in den kleinern oft nur gelb. Primäre Siebröhren sind im Bast der ältern Bündel häufiger, ihre Hauptmenge liegt an der Innenseite des Phloëms.

Kleine noch ganz meristematische Bündel finden sich nur neben den ältesten Bündeln des Querschnitts, welche sich bereits anschicken ins Blatt auszubiegen.

Die einzelnen Bündel werden durch eine schmale meristematische Zone verbunden, nur neben dem obersten Ende der Bündel treten in dieser Zone Gerbstoff und Intercellularen auf.

Die Entfärbung der Rinde geht hier noch weiter wie auf dem letzten Schnitt. Ein schwacher Gerbstoffgehalt findet sich in der Stärkescheide und in einigen benachbarten Innenrindenschichten, ferner in der Umgebung der Oelgänge und sehr wenig in dem äussern Collenchym. Die Intercellularen gehen etwa so weit wie die Entfärbung geht, fehlen aber ganz im Collenchym. Die Stärkescheide ist auch hier nicht überall gut ausgebildet, vor den kleinsten Bündeln und dem Markstrahl kann sie noch fehlen. Dagegen ist das Collenchym fast überall vorhanden, seine Wandverdickung ist schon deutlich, aber noch schwach. In der Epidermis findet sich mehr Gerbstoff wie oben, besonders auf den Blattbasen und den tiefer darunter liegenden Stammpartien ist sie gelbbraun gefärbt. Die Borsten sind wie oben fast ungefärbt, die Haare haben die gleiche Färbung wie die Epidermis, auf welcher sie stehn.

Am Grunde der Knospe, 8 mm unter der Stammspitze, misst der Stamm 5 mm. Das Mark ist zum grössten Teil völlig farblos geworden, nur die peripheren Partien sind in der Nähe der mittleren und kleinen Bündel noch hellgelb gefärbt, hinter den ältesten Bündeln aber schon farblos. Die Umgebung der Oelgänge, welche sich früher durch Mehrgehalt an Gerbstoff auszeichnete, ist hier, was die Farbe anbelangt, wenig von dem benachbarten peripheren Mark unterschieden. An solchen Bündeln, welche einen deutlichen Gerbstoffgehalt im Bast zeigen, finden sich hier

40. Meristematische Partien, aus welchen sich mit Bastfasern versehene Bündelchen entwickeln könnten, kommen hier nicht mehr vor. Die Dicke der Bündel ist beträchtlicher wie oben, die grössten messen 800 μ, die mittleren 500 μ, die kleinsten 150 μ. In den grössten Bündeln ist besonders eine Vermehrung der Gefässreihen auffällig, man zählt ihrer oft bis elf, dagegen hat sich die Zahl der fertigen Gefässe der einzelnen Reihe wenig vermehrt, es kommen in seltenen Fällen bis fünf vor. Die Gesammtzahl der fertigen Gefässe hat wegen der Vermehrung der Reihen zugenommen. Die grössten Gefässe messen hier 50 μ im Durchmesser, die kleinsten, ältesten sind oft in den grossen Bündeln schon zerrissen. In kleineren Bündeln liegen weniger Gefässreihen mit weniger Gefässen, nur wenige ganz kleine Bündel sind ohne fertige Gefässe. Der Gerbstoffgehalt des Bündels ist wie immer nach dem Entwicklungszustand desselben verschieden. Die ältesten Bündel haben an der Innenseite schon keinen Gerbstoff mehr, die ältesten Gefässe liegen daher in farblosem Parenchym, nach aussen findet Zunahme des Gerbstoffgehaltes statt, neben den unfertigen Gefässen liegt eine bis ans Cambium reichende braune Zone. Das Cambium selbst ist dünn und hellgelb. Der Bastteil ist stark braun gefärbt, in seiner innern Hälfte liegen zahlreiche farblose Siebröhren mit ihren Geleitzellen, während im äussern Theil die zusammengequetschten stark lichtbrechenden Reste der ältern Siebröhren auffallen. In jüngern Bündeln ist der Holzteil schwächer gefärbt, das gelbe Maximum des Querschnitts liegt näher am Mark, die meristematische Zone ist etwas breiter, wie in den alten Bündeln und ungefärbt. Der Bastteil hat meist einen gleichen Gerbstoffgehalt wie der eines grossen Bündels, nur in den ganz kleinen Bündeln ist die Färbung

heller. Zwischen den Bündeln liegt noch eine schmale meristematische Zone, aus welcher Rindenstrahl, Markstrahl, und Interfasciculararbildungen hervorgehn. In der Rinde liegt der Gerbstoff an denselben Stellen wie auf dem nächst höhern Schnitt, aber in noch geringerer Menge. Es findet sich eine sehr schwache Färbung in der Nähe der Bündel und einiger Oelgänge, sowie an einigen Stellen des Hypoderms. Die Stärkescheide ist überall gut entwickelt. Die Epidermis ist dunkelbraun gefärbt, die Haare braun oder gelbbraun, die Borsten sind farblos.

Unter der Knospe, in welcher die Internodien sehr wenig gestreckt sind, und die Blätter sehr gedrängt stehn, folgt die Region der starken Streckung, welche von der der innern Ausbildung unten begrenzt wird.

An mit Kaliumbichromatlösung conservierten Pflanzen ist die Region der Streckung wie die von den stark gerbstoffhaltigen Blättern bedeckte Knospe braun gefärbt, die Region der innern Ausbildung dagegen viel heller. Anatomisch ist die untere Grenze mit dem Eintreten der Verholzung der Bastfasern gegeben. An unserm Exemplar umfasst die Region der Streckung das 2 cm lange fünfte und das 7,5 cm lange unten 0,9 cm dicke vierte Internodium. Das centrale Mark, welches unten in der Knospe farblos ist, bleibt in allen tiefern Regionen gerbstofffrei. Das periphere Mark ist im Knospengrunde mehr oder weniger gelblich gefärbt. Im Verlauf des fünften Internodiums wird es, abgesehn von der hinter den ältesten Bündeln liegende Zone, welche farblos bleibt, braungelb. Die Färbung nimmt nach innen ab, die innerste gelblich gefärbte Schicht des peripheren Marks schliesst noch die Oelgänge ein, welche sich hier durch Verschiedenheit der Färbung von der Umgebung nicht unterscheiden. Im vierten Internodium wird die gerbstofführende Partie

dünner, der Gerbstoffgehalt schwächer, am Grunde dieses Internodiums ist die Färbung eine sehr schwach gelbe. Nur im obern Teil des fünften Internodiums finden im Mark noch wenige Teilungen statt, unten geht das Wachstum durch Dehnung der Zellen vor sich. Am Grunde der Knospe sind die Zellen des Centralmarks im Mittel 70 μ dick und bis 25 μ hoch, unten im vierten Internodium sind sie 100 μ dick und 100—200 μ hoch. Die Bündel werden bis 1200 μ dick, die Verdickung beruht auf Vergrösserung der Elemente und Dickenzuwachs, es treten hier die ersten „Sekundärbildungen" in Phloëm und Xylem auf.

Im Vergleich mit dem Knospengrunde tritt in dem fünften und vierten Internodium eine Vermehrung der Gefässe ein. Während die Spiralgefässe einer Radialreihe direkt an einander schliessen, liegt zwischen den jüngern Gefässen einer Radialreihe eine gerbstoffhaltige Grundmasse. Nach dem Querschnittsbilde des fertigen Bündels zu schliessen, ist diese Zone der älteste Teil des Sekundärholzes. Die einzigen verholzten Elemente des ganzen Querschnittes sind immer noch die ältern Spiralgefässe, welche hier bis 70 μ dick werden.

Im fünften Internodium wird der Gerbstoffgehalt des Holzes noch ein wenig stärker wie im Knospengrund, neben den unfertigen aber schon farblosen Gefässen findet sich in der Grundmasse ein braunes Gerbstoffmaximum, welches den höchsten Gerbstoffgehalt, welcher überhaupt im Holz vorkommt, kennzeichnet. Cambium und Jungholz sind durchweg gelb gefärbt, also auch die Gefässe gehn hier aus gerbstoffhaltigem Gewebe hervor. Der Bastteil hat ebenfalls in diesem Internodium sein Gerbstoffmaximum, welches sich durch dunkelbraune Färbung der an seiner Innenseite gelegenen Hälfte kennzeichnet. Die jungen

farblosen Siebröhren und die etwas gefärbten Geleitzellen liegen in dieser dunkeln Grundmasse. Die äussere Hälfte des Bastes ist etwas heller, die hier liegenden Siebröhren sind alle collabiert. Im vierten Internodium findet im Bündel wieder Gerbstoffabnahme statt. Im Holz liegt neben den unfertigen aber schon farblosen Gefässen ein braungelbes Gerbstoffmaximum, die innersten Libriformfasern beginnen ihre Wandverdickung. Im Bast ist die Färbung etwa die gleiche wie im Holz, aussen ist sie heller wie innen. Die Cambiumzone der Bündel verbindend liegt innerhalb der Stärkescheide am Grunde der Knospe eine dünne helle intercellularenfreie engzellige Zone. Dieselbe wird im fünften Internodium grosszelliger und gerbstoffhaltig, braungelb. Im vierten Internodium wird auch diese Zone heller, blassgelb, im äussern Teil sind kleine Siebröhrengruppen zu unterscheiden, einige Zellschichten innerhalb derselben findet sich meist Interfascicularholz. Die Stärkescheide wird beim Beginn der starken Streckung gerbstofffrei, um es späterhin auch zu bleiben. Dagegen ist in den aussen folgenden ein oder zwei Zellschichten eine geringfügige aber deutliche Gerbstoffzunahme zu verzeichnen. Das gleiche gilt von der Umgebung der Oelgänge, von den äussern Schichten des hier schon stark verdickten Collenchyms und von der Epidermis. In der ausserhalb der Stärkescheide gelegenen Rinde ist am Grunde des vierten Internodiums fast nirgends noch Gerbstoff vorhanden, ganz vereinzelt kommen an den Orten, wo oben Gerbstoff lag, noch Zellen vor, welche schwach gelb gefärbt sind. Nur die Färbung der Epidermis und der Haare hält sich länger, sie ist hier braungelb.

Unter der Region der Streckung liegen die Intermedien 1, 2 und 3, in welchen die früher angelegten Elemente

sich definitiv ausbilden und neue angelegt werden. Neubildungen finden in grösserm Maassstabe nur durch die Thätigkeit des Bündel- und Interfascicularcambiums statt. Vereinzelte Teilungen treten auch an den Oelgängen der Rinde auf. Schwache Verholzung und Verdickung tritt gleichmässig im Hartbast, von innen nach aussen vorschreitend im Sekundärholz ein. In dem letztern scheinen die Gefässe etwas vor dem Libriform bevorzugt zu sein, denn oft liegen die stark verholzten Tüpfelgefässe neben erst schwach oder noch gar nicht verholztem Libriform. Die Spiralgefässe sind alle verholzt, sie liegen in einer unverholzten Grundmasse, nur an der Markgrenze liegen in den ältern Bündeln einige engere verholzte Elemente, die Anfänge der innern Fasersicheln. Mit dem Vorschreiten der Verdickung und Verholzung der Elemente verschwindet auch der Gerbstoff in ihnen. So nimmt derselbe in den verholzenden Libriformfasern und Bastfasern langsam bis zum Schwinden ab. In den jüngern Elementen des Holzes findet er sich nur noch in geringer Menge. Eine auf die verholzende Partie aussen folgende Zone zeigt eine gelbe Gerbstofffärbung, das Cambium ist nur ganz schwach gefärbt. Ebenso wie im Holz der Gerbstoff zuerst in den älteren Teilen verschwindet, später erst in den jüngern, ebenso tritt auch im Weichbast zuerst in den ältern Schichten, welche direkt innerhalb der Bastfasersichel folgen, Entfärbung ein, während in der Nähe des Cambiums noch eine schwach gerbstoffhaltige Zone liegt. Bemerkenswert ist, dass sowohl im Holz wie auch im Bast die Hauptelemente der Leitung, Gefässe und Siebröhren, sehr früh gerbstofffrei und früh definitiv ausgebildet sind.

In etwas jüngern Entwicklungsstadien und bei schwächern Exemplaren findet sich eine gleiche Gerbstoffver-

teilung wie bei der geschilderten Pflanze, aber überall ist die Gerbstoffconcentration eine geringere.

Bei ganz jungen Exemplaren, welche oben erst die Cotyledonen entfaltet haben, fehlt der Gerbstoff in der Stammspitze fast ganz, findet sich nur in der Epidermis, den jungen Oelgängen, dem Bast und in geringer Menge in dem Holz des Hypocotyls.

Die Frucht von Helianthus ist ganz gerbstofffrei.

Auch die ältern Entwicklungszustände von Helianthus haben die gleiche Gerbstoffverteilung, wie die geschilderte Pflanze, nur die Gerbstoffconcentration nimmt mit dem Alter bedeutend zu, doch verschwindet der Gerbstoffgehalt mit der definitiven Ausbildung der Elemente mehr oder weniger vollständig.

Die Entwicklung der jungen Blütenkörbe habe ich nicht näher verfolgt. Mitte Juli ist der Durchmesser der Köpfe bereits bedeutend grösser, wie der des obern Stammes, die oberste etwa 100 μ hohe Schicht ist ganz embryonal, das darunter liegende Mark ist in seiner ganzen centralen Partie stark gerbstoffhaltig, fast schwarz gefärbt. Seitlich grenzt an das Mark die ringförmige meristematische Zone, darauf folgt die stark gerbstoffhaltige fast schwarze Rinde. Ungefähr in diesem Zustande waren die 1894er Versuchspflanzen zur Zeit der Verletzung.

Entwicklung der Wundgewebe bei Helianthus.

Die oben genauer geschilderte Pflanze ist in dem Zustande, in welchem Helianthus 1895 verletzt wurde. Bei all' meinen Versuchen mit Helianthus wurde angestrebt, durch einen von oben nach unten central geführten Stich

den Vegetationspunkt möglichst gleichmässig zu halbieren. Die benutzte Lancette war in ihrem breitesten Teil 2 mm breit, die Entfernung von der Spitze bis zum Uebergang in den Stiel maass 7 mm. Da die Lancette verhältnismässig schmal war, wurden günstigsten Falls nur die obersten 0,5 mm des Stammes geteilt, der untere Teil der Wunde verlief bei centralen Stichen wegen der Dicke des Stammes ganz im Innern desselben. Bei einer Reihe von Pflanzen dagegen war die Verletzung eine mehr seitliche und nicht genau senkrechte, sodass ein seitlicher Spalt, kein Stichkanal resultierte. Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der verletzten Pflanzen habe ich nur mit der Rasse von 1895 und zwar in den beiden Jahren 1895 und 1896 gemacht.

Bei einer acht Tage nach der Verletzuug also am 18. Juni 1895 geerndteten mit Kaliumbichromatlösung conservierten Pflanze, ist die Wunde etwa 15 mm lang. Die Hälften des Vegetationspunktes sind zu zwei selbstständigen aber noch nicht ganz regelmässigen Stammspitzen regeneriert. Einmal reicht die Abflachung der Wundseite noch bis an den obersten Teil der Kuppe, alle Gewebe sind auch auf den obersten Querschnitten nicht kreisförmig um die Achse gelagert, sondern an der Wundseite abgeflacht. Ferner ist hier ein Callus gebildet, welcher sich durch die sehr regelmässige radiale Anordnung seiner Zellen auszeichnet. Die Anzahl der auf einem Radius liegenden Zellen des Callus nimmt nach unten bedeutend ab. Auf den obersten Schnitten ist der Callus 25—30, unten im Spalt nur 8—10 Zelllagen dick. Die Organanlage hat auf der Wundseite noch nicht begonnen.

300 μ unter der Stammspitze sind Meristemring und Rinde noch etwas dünner wie normal, ersterer ist gerbstofffrei, Bündel die an der normalen Seite schon deutlich

erkennbar sind, fehlen hier noch ganz. Die Rinde der Wundseite ist intercellularenfrei und führt etwas mehr Gerbstoff, wie normal. Derselbe ist gleichmässig durch die ganze Rinde verteilt, während in der normalen Rinde der jungen Blattanlagen dieser Höhe schon eine Differenzierung in gerbstoffarme intercellularenreiche Mittelrinde und eine gerbstoffreichere intercellularenarme an das Meristem grenzende Rinde und eine gleichbeschaffene Aussenrinde eingetreten ist. Dort wo durch den Schnitt Kanten gebildet werden, ist die Rinde der Wundseite etwas gerbstoffreicher wie an den andern Stellen. Die Oberfläche der Wunde verläuft nicht ganz gerade, zeigt aber keinerlei Hervorstülpungen, wie sie unten häufig sind. Irgend welche haarartige Bildungen, die auf der normalen Epidermis sehr früh auftraten, fehlen hier noch ganz.

Nach unten zu, und zwar schneller in der Mitte wie an der Seite, nimmt der Meristemring schnell an Dicke ab. 700 μ unter der Stammspitze ist er ganz verschwunden. Neben der äussern intercellularenreichen braunen Markpartie liegt hier ein ganz gleichmässiges gerbstoffärmeres, gelbbraunes intercellularenfreies Wundgewebe. Es ist 200—250 μ dick, die Anzahl der auf einen Radius liegenden Zellen beträgt 20—25. Die Epidermis hat im Allgemeinen den gleichen Gerbstoffgehalt wie das andre Wundgewebe, nur in der Mitte des Wundquerschnitts finden sich einzelne hellere Zellen, von welchen sich manche zu doppelter Grösse hervorgewölbt haben. Der Stich geht nun bald ins Innre, ohne dass wesentliche Veränderungen eintreten. Nur Gerbstoffgehalt und Dicke des Wundgewebes nehmen langsam ab. 10 mm unter der Kuppe ist das Centralmark schon farblos geworden, das Wundgewebe aber noch gelbbraun gefärbt. Die Dicke desselben beträgt noch 120 μ, die Anzahl der auf einem

Radius liegenden Zellen hat sich vermindert, die Grösse der einzelnen Zellen hat zugenommen. Callös vorgestülpte Zellen finden sich in der Epidermis mehr wie oben.

Drei Tage nach der Verletzung sind die Wundgewebe naturgemäss überall weniger stark entwickelt, wie bei dem geschilderten ältern Zustande, die Wundseite ist daher überall noch stark abgeflacht. 300 μ unter der Stammspitze liegt neben dem dunkelbraunen Mark ein etwa 100 μ dicker anscheinend meristematischer, jedenfalls aber gerbstofffreier Callus, welcher ganz gleichmässig ist und im Gegensatz zu den ältern Stadien Rinde und Meristemring noch nicht differenziert hat. Eine solche Differenzierung findet auch weiter unten nicht statt, dagegen tritt gleichmässig im ganzen Wundgewebe Gerbstoff auf, der nach unten erst langsam zunimmt, 650 μ unter der Stammspitze ist das Wundgewebe wie das anstossende Mark braun gefärbt und von diesem nur durch geringere Intercellularenentwicklung unterschieden. Weiter nach unten zu findet im Wundgewebe und Mark Gerbstoffabnahme statt, im ersteren aber langsamer, wie im Mark.

Unten im Stichkanal ist das centrale Mark fast farblos, das Wundgewebe aber noch gelb gefärbt. Ebendort sind einige Oberflächenzellen heller, wie das umliegende Wundgewebe, vielleicht ist in diesem Abnehmen des Gerbstoffgehaltes eine Vorbereitung zum callösen Wachstum und Vorstülpen jener Zellen zu sehen.

Es ist leicht verständlich, wie sich das geschilderte jüngere Stadium zu dem ältern entwickelt.

Combinieren wir uns nun nach dem untersuchten Material, dessen genauere Beschreibung zu weit führen würde, die weitere Entwicklung der Wundgewebe. Die Regeneration des Vegetationspunktes wird bei diesen Pflanzen von 1895 später eine vollkommene, es werden daher

oben an der Pflanze normale Organe und Gewebe regeneriert. Eine tiefer folgende etwas weniger regelmässige Stammpartie hat sich aus jenen jungen Stammteilen gebildet, deren Querschnitt 8 Tage nach der Verletzung eine gerbstoffhaltige Rinde und einen Meristemring zeigten, beide dünner wie normal, der letztere ohne erkennbare Differenzierung in einzelne Bündel. Aus dieser Meristemzone bilden sich die Bündel spät, aber normal aus, wie die kleinen ebenfalls spät differenzierten normalen Bündel. In dem am untern Teil der Wunde gelegenen ganz gleichmässigen Callus tritt ebenfalls erst spät eine Veränderung ein, indem in bestimmter Entfernung von der Oberfläche sich eine Cambiumzone bildet, welche Sekundärholz und Sekundärrinde produciert. Die etwas callös über die Oberfläche ragenden Zellen, die sich hier und auch schon höher am Stamm bei dem 8 Tage nach der Verletzung geerndteten Pflanzen fanden, wachsen mit dem Stamm in die Länge, erleiden Quer- und Längsteilungen und bilden auf der sonst mehr oder minder regelmässigen Epidermis Längswülste.

Schon in den jungen Stadien ist der Gehalt an Gerbstoff in den Wundgeweben grösser wie an der normalen Seite, dieser Unterschied bleibt auch in spätern Zuständen erhalten. So fand ich an einer am 16. Juli geerndteten Pflanze an dem untern Teil der Wunde unter einer 150 μ dicken Schicht unverholzter abgestorbener Zellen, einem Teil der Primärrinde, eine etwa 200 μ dicke unregelmässig gebaute Korkschicht, deren Zellinhalte verschrumpft sind und keine Gerbstoffreaktion mehr zeigen (Büsgen. 8. pag. 41.) Ein Phellogen ist nicht überall deutlich erkennbar, auch nicht überall vorhanden, denn bei Helianthus finden sich im Kork häufig ungeteilte aber ringsum verkorkte Zellen. Wo ein Phellogen erkennbar

ist, sind seine Zellen mit braungelbem Inhalt versehn. Darunter folgt der am Leben gebliebene bis 300 μ dicke Teil der Primärrinde, deren Zellinhalte dunkelbraun gefärbt sind. Die Sekundärrinde ist von braungelber nach dem Cambium abnehmender Farbe und etwa 150 μ dick. Die dünne Cambiumzone ist fast farblos, in dem unverholzten Jungholz nimmt die Färbung bis zu einem ziemlich hinten gelegenen braungelben Maximum zu. Die jungen Gefässe sind wie normal früher farblos, wie die umgebende Grundmasse. Innerhalb des Jungholzes folgen getrennte etwa 500 μ dicke Complexe bereits farblosen verholzten Gewebes, die ältern Bündelteile, welche von einander durch unverholztes noch gelb gefärbtes Markstrahlgewebe getrennt sind. Das an der Wundseite aus Radialreihen bestehende periphere Mark hat besonders hinter den Bündeln ein dunkelbraunes Maximum. Nach innen nimmt der Gerbstoffgehalt ab, im ganzen ist eine 500 μ dicke Markschicht gefärbt. An der normalen Seite ist der Gerbstoffgehalt überall wesentlich geringer. Während die Wundprimärrinde in ihrer ganzen Erstreckung dunkelbraun gefärbt ist, ist in dem grössern Teil der normalen Rinde bereits vollständige Entfärbung eingetreten. Nur vereinzelte Zellen der ausserhalb der Stärkescheide gelegenen Innenrinde der Umgebung der Oelgänge und das äussere Collenchym sind noch gelb gefärbt, die Epidermis ist gelbbraun. Ebenfalls nur gelb gefärbt ist ein Teil des Jungholzes und des Weichbastes, sowie eine ganz dünne periphere Schicht des Marks, also auch hier liegt an der Wundseite wesentlich mehr Gerbstoff. Die Verholzung ist an der normalen Seite wesentlich weiter fortgeschritten, im Sekundärholz ist schon eine 450 μ dicke Schicht fertig. Bastfaserbündel, innere Faserbündel und Primärholz fehlen der Wundseite ganz.

Als wichtig möchte ich aus dem Vorstehenden das Folgende hervorheben:

Die Regeneration geht stets durch Vermittlung eines „Callus“ vor sich, welcher von oben nach unten an Dicke abnimmt.

Die Stammspitzenhälfte regeneriert sich oben zu einem normalen Vegetationspunkt, welcher normale Gewebe und Organe produciert.

Die Gerbstoffverteilung ist bei der Bildung der Bündelprimär- und Bündelsekundärteile die normale.

Die Gerbstoffconcentration ist in diesen Geweben aber bei schwächerer Regeneration eine stärkere wie normal.

Bei schwächerer Regeneration ist in der Rinde und im Mark auch die Gerbstoffverteilung eine abnormale: die Gesammtrinde enthält Gerbstoff, ebenso eine abnormal dicke Schicht des peripheren Marks.

Die Gerbstoffconcentration ist in den beiden letzten Geweben eine wesentlich stärkere wie normal.

Die fertigen Wundgewebe bei Helianthus.

(Makroskopisches). Nach der Art der Verletzung, nach dem Entwicklungszustande, in welchem die Pflanzen verwundet wurden und nach der Rasse, welche zu den Versuchen verwandt wurde, haben die ausgewachsenen Pflanzen naturgemäss ein ganz verschiedenes Aussehn.

Im Jahre 1894 wurden die Pflanzen, welche, wie erwähnt, einer schwachwüchsigen Rasse angehören, am 11. Juli nach Anlage der Blütenköpfe verletzt, 1895 wurden Exemplare einer starkwüchsigen Rasse bedeutende Zeit vor der Anlage der Köpfchen am 10. VI. verletzt, 1896

wurden einmal im Frühsommer, dann am 2. Juli nach Anlage der Köpfchen Controllversuche angestellt, die erstern dieses Jahres dienten wesentlich zur Kontrolle der Entwicklungsgeschichte, die letztern boten wesentliche Beiträge für die Anatomie der fertigen Wundgewebe.

Alle Pflanzen des Jahres 1894 sind in ziemlich gleichem Entwicklungszustande nach Anlage der Blütenkörbe verletzt worden, sodass für die Verschiedenheiten, welche sie zeigen, nur die Art der Verletzung in Frage kommt.

Eine central verletzte unten 1,3 cm dicke 2.25 m hohe Pflanze zeigt äusserlich in einer Höhe von 1.15 m keine Spur der Verletzung, beim Durchschneiden des Stammes finden wir aber einen noch 10 cm nach oben frei im Mark verlaufenden Gewebestrang, das Wundgewebe des Stichkanals, seinen Anfang nehmen, ein Gewebe, welches sich durch härtere Consistenz und gelbliche Farbe von dem lockern weissen Mark unterscheidet. 1.25 m hoch öffnet sich der Stich einseitig, der Stichkanal wird zu einem nach oben sich vertiefenden Spalt, 1.45 m hoch teilt sich der Stamm ganz. Der eine der Teilstämme ist unten 8×7 mm dick und 80 cm lang, der andre 7×5 mm dick und 65 cm lang. Die beiden Teile der Blütenkörbe zeigen deutlich die Verletzung, der mittlere Teil der Wundfläche ist bei ihnen nach innen eingekrümmt, die Blütenkörbe haben daher eine nierenförmige Umrissform. Zungenblüten und die obern Deckblätter sind regeneriert, es fehlen die untern Deckblätter. Die Epidermis hat hier, wo die Deckblätter fehlen, ein ganz normales Aussehn, sie ist stark behaart und lebhaft grün gefärbt, ist aber durch zahlreiche kleine Wülste in abnormaler Weise höckerig. Dagegen sind die nun folgenden 20 cm der Wundfläche ganz regelmässig, auch Wülste sind verhältnismässig selten. Nach unten wird in ziemlich schnellem Uebergange die Epidermis

unregelmässiger, Borsten und Haare verschwinden, ebenso auch die Chlorophyllnester, so dass die Epidermis ein grünlichgelbes Aussehn erhält. Zahlreiche wenig über die Oberfläche hervorragende Längsrippen und besonders unten und in der Mitte weniger oben und an der Seite befindliche in der Richtung des Organs gestreckte Korkwülste lassen die unbehaarte Epidermis noch unregelmässiger erscheinen. Die seitliche Grenze gegen das normale Gewebe ist im mittlern und untern Teil der Wunde ganz scharf und bildet meist eine Kante. Die Wundfläche der Teilstämme ist, abgesehn von dem Blütenkorbe, oben, nicht nach einwärts gekrümmt, aus der Querschnittsform (Abb. 5.) geht hervor, dass die Wundseite in tangentialer Richtung weniger gewachsen ist, wie die normale Seite, denn bei gleichmässigem Wachstum müssten sich die beiden Querschnitte zu der ursprünglichen Querschnittsform, also zu einem Kreise, ergänzen lassen, was, wie man aus der Abbildung sieht, durchaus nicht der Fall ist.

Die übrigen einigermassen central getroffenen Pflanzen von 1894 zeigen ähnliche Verhältnisse. Die Länge der einzelnen Abteilungen der Wunde ist natürlich von den Zufälligkeiten der Verletzung abhängig. Die Länge der Teilstämme beträgt 55—116 cm, die des Spaltes 20—32 cm die des Stichkanals 10 30 cm. Die Länge des obern mit regelmässiger Epidermis versehenen Teils der Wunde beträgt 10—30 cm. Die wenigsten Pflanzen sind genau central getroffen, es finden sich daher selten zwei ganz gleich dicke zusammengehörige Teilstämme. Bei einigen Pflanzen verläuft der Stich so excentrisch, dass ein nur wenige mm dicker Teilstamm vom Hauptstamm abgelöst ist. Aber auch bei starker Excentricität hat der Stich bei den Pflanzen dieses Jahres stets am Köpfchen ein-

gesetzt, was sich durch die keulenförmige Anschwellung der Stammspitze zur Zeit der Verletzung erklärt.

Schon im entwicklungsgeschichtlichen Teil habe ich gezeigt, dass 1895 die geteilten Stammspitzen sich völlig normal regenerieren. Dementsprechend sind bei den ausgewachsenen Pflanzen dieses Jahres die obersten 30—140 cm ganz normal, sogar Blätter auch Aeste sind in normaler Anzahl und Anordnung regeneriert. Die Gewebe sind soweit meine Untersuchungen reichen ganz normal. Die Länge der unregelmässigen Partie der Teilstämme beträgt 38—65 cm, die des Spaltes 18—40 cm, die des Stichkanals 16,5—50 cm. Die Wundgewebe ähneln in ihrem Aussehn denen des Vorjahres. Die Epidermis ist unbehaart und längswülstig, vielfach ist Verkorkung eingetreten. Während 1894 auch bei excentrischer Verletzung, diese stets am obersten Teil des Stammes am Köpfchen einsetzte, beginnt 1895, da hier sich die Stammspitze zur Zeit der Verletzung nach oben stark verjüngt, der Stich oft mit Ablösung eines tiefer stehenden Blattes. Der über der Wunde liegende Teil des Hauptstammes ist dann natürlich ganz normal, die Wundflächen der beiden Teilstämme sind, da tiefer liegende weniger regenerationsfähige Stammpartien zur Regeneration kamen, gewöhnlich ganz ohne regelmässige Epidermis, das an der Spitze des dünnen Teilstammes stehende Blatt ist meist mit seiner Achselknospe abgelöst, welche dann zu einem kräftigen, oft ein kleines Köpfchen tragenden ganz normal gebauten Ast ausgetrieben ist. Am Grunde ist dieser Ast meist durch starke Entwicklung des Holzkörpers zu doppelter Dicke kugelig angeschwollen, wie das übrigens auch bei normalen Aesten bisweilen vorkommt.

Interessant ist, dass solche sehr dünne Teilstämme

weniger in die Länge gewachsen sind, wie die zugehörigen dicken Teilstämme. Das geht einmal direkt aus der Länge der beiden Wundflächen hervor, besonders einwandfrei ist es aber nachzuweisen an solchen Pflanzen, bei welchen den beiden Teilstämmen gemeinsame Blätter vorkommen. In vielen Fällen hat nämlich der Stich in seinem weitern Verlauf Blätter so getroffen, dass die Blattbasen mit den Blattstielen zwar geteilt sind, die Blattflächen aber fast unverletzt sind, sodass also dasselbe Blatt durch die eine Hälfte des Blattstieles mit dem Hauptstamm, durch die andre Hälfte mit dem dünnen Teilstamm in Verbindung steht. Die Insertionsstelle des auf dem Hauptstamme inserierten Blattteiles liegt immer bedeutend, oft 5 cm, höher wie die des dünnen Teilstammes, das heisst der unter der Blattinsertion gelegene Teil des Hauptstammes ist um diese Differenz stärker in die Länge gewachsen wie der entsprechende Teil des dünnen Teilstammes. Ueberhaupt erscheinen die verletzten Pflanzen meist kleiner wie die unverletzten. Es würde ja auch mit der obigen Thatsache übereinstimmen, dass der in zwei dünnere Teilstämme geteilte Stamm niedriger bleibt, wie der dickere ungeteilte. Doch habe ich Messungen hierüber nicht angestellt. Ebensowenig kann die Beobachtung mit Zahlen belegt werden, dass die Blütenköpfe der Teilstämme stets kleiner sind wie normal. Auf die Grösse der Blätter scheint die Verletzung auch dann keinen Einfluss gehabt zu haben, wenn dieselben direkt vom Schnitt verletzt sind.

Die 1896 angestellten Versuche bestätigen nur die Resultate der Vorjahre. Auffallend ist, dass bei vielen am 20. Juli 1896 verletzten Pflanzen die Wundfläche der Teilstämme stark nach einwärts gekrümmt ist. (Abb. 9.) Bei den andern verletzten Pflanzen habe ich diese „starke

Rinnenbildung längs der Schnittfläche", durch welche die „Schnittfläche zunächt in eine geschützte Lage gebracht wurde" (Lopriore 27 pag. 412. 413) nur an den Köpfchen der spät verletzten Pflanzen von 1894 und 96, nicht an den Stämmen, auch nicht in jugendlichem Zustande derselben, beobachtet. Wahrscheinlich hat Lopriore seine Pflanzen in einem spätern Entwicklungszustande verletzt, oder seine Mitteilung bezieht sich auf den untersten Teil seiner Wunden, welche dann wesentlich tiefer liegende Stammteile mit betroffen haben müssen.

(Anatomie der Wundgewebe). Die Erndte der Pflanzen, welche zum anatomischen Studium der Wundgewebe dienen sollten, fand stets im Laufe des Oktober statt, nachdem die Früchte schon fast ausgereift waren.

Eine Pflanze, welche sich gut zur Orientierung über den Bau der Wundgewebe eignet, da sie in typischer Weise die Folgen einer einigermassen centralen Verletzung der Pflanzen der Rasse von 1894 zeigt, ist das oben in seinen makroskopischen Verhältnissen genauer geschilderte Exemplar (pag. 53 ff.)

2.10 m. also 15 cm unter dem Blütenkorbe hat die Stammoberfläche ein ganz normales Aussehn. Auf der Epidermis finden sich Haare, Borsten und Spaltöffnungen in normaler Ausbildung und Anzahl. Die Epidermiszellen sind zum grössten Teil von ganz normaler Grösse und Form, nur einzelne nur wenig hervortretende Längsleisten lassen das mikroskopische Bild etwas abnorm erscheinen. Im Uebrigen ist das Querschnittsbild ein vollkommen normales, sämmtliche Gewebe sind von normalem Bau. Weniger regelmässig wird die Epidermis direkt unter dem Blütenkorb und am untern Teil desselben. Es fehlen die untern Deckblätter, die Wundfläche ist durch zahlreiche Wucherungen höckerig. Nach unten zu verliert

die Epidermis, welche auf einer 20 cm langen Strecke ganz regelmässig ist, in einer nur 5 cm langen Uebergangszone zuerst die Spaltöffnungen, dann die Borsten und Haare.

Schon ein 1.91 m hoch angefertigter Querschnitt zeigt ein wesentlich andres Bild. (Abb. 6.) Die Epidermis ist kahl, ohne Haare und Borsten, auch Spaltöffnungen fehlen, in der Mitte der Wundfläche findet sich ein grösserer Complex verkorkter Zellen (a.) Der Wundkork entsteht bei Helianthus entweder durch einfaches Verkorken der Zellmembran, ohne dass vorher eine Teilung stattfindet, oder es treten in der betreffenden Zelle eine oder zwei Tangentialwände auf. Dadurch dass mehrere auf einem Radius liegende Zellen in die Verkorkung einbegriffen werden, entstehn über die Oberfläche etwas vorragende Wülste.

Auffallend sind zahlreiche in der Längsrichtung des Stammes verlaufende, bisweilen mit einander in Verbindung stehende Längswülste, welche nur wenig über die Oberfläche hervorragen und im entwicklungsgeschichtlichen Teil auf ihre Entstehungsweise behandelt wurden. (pag. 50.) Ihre Zellen sind meist etwas dünner und schmaler, dabei um ein geringes länger wie die Epidermiszellen der Wundseite. Diese haben im Mittel die Grösse der normalen Epidermiszellen, doch schwanken ihre Dimensionen in etwas weitern Grenzen. Ihre Radialwände, besonders ihre Längsradialwände sind stellenweise auffallend stark und ungleichmässig verdickt. Sie ähneln dann sehr den von Vöchting beobachteten und abgebildeten Verwachsungslinien (44. Tafel 8 u. 9). In einzelnen Fällen mögen die starken Verdickungslinien auch hier wohl den Verwachsungslinien zweier benachbarter Längswülste entsprechen, in der Regel sind sie sicher nicht als solche aufzufassen.

Der Abstand des Cambiums von der Oberfläche beträgt auf einer grossen mittleren Partie nur etwa 350 μ. In dem angrenzenden normalen Gewebe beträgt er 600—700 μ, der Uebergang zu der geringern Grösse des Wundgewebes ist ein schneller. Das Collenchym ist 110—170 μ dick gegen 150—180 μ an der normalen Seite, die parenchymatische unverholzte Rinde 85—215 μ gegen 150—300 μ der normalen Seite, wo ausserdem die letztere oft collabiert ist. Beide Gewebe sind an den Seiten der Wunde etwas dicker wie in der Mitte. Die Dickenabnahme der gesammten unverholzten Rinde findet also etwas mehr auf Kosten der parenchymatischen Rinde statt. Während an der normalen Seite das Collenchym streng in radialen Reihen gelagert ist, ist das an der Wundseite nicht der Fall. Der Zellquerschnitt ist bei dem normalen Collenchym ein kreisrunder bei dem regenerierten Collenchym oft ein tangential gestreckter. Beide Erscheinungen deuten auf einen starken tangentialen Zug, der durch das starke Wachstum der normalen Seite seine Erklärung fände. (pag. 54). Aehnliches gilt für die Zellen der parenchymatischen Mittelrinde.

Die Zellen des Collenchyms sind weniger verdickt und etwas kürzer wie normal, doch ist der Grössenunterschied noch nicht bedeutend. Der Radialdurchmesser der grössten Zellen der parenchymatischen Rinde der mittleren Wundfläche ist etwa 40 μ, der der normalen Zellen häufig 70—80 μ, die Länge ist bei beiden etwa gleich.

In den regenerierten Bündelringen liegen 7 Bündel, etwa ebenso viel wie auf der gleichen Strecke des normalen Bündelringes. Die Bündel sind nicht unwesentlich dünner, sie messen in ihrer Reihenfolge auf der Abbildung 270, 280, 350, 310, 400, 340 und 340 μ die folgenden normalen dagegen 500, 650, 620, 580, 400

und 850 μ. Uebrigens finden sich an der normalen Seite Bündel von ähnlichen Dimensionen, welche, was hervorzuheben ist, von ganz gleicher Zusammensetzung sind. Da die gleiche Anzahl Bündel auf dieselbe Strecke kommt, die Bündel der Wundseite aber viel schmaler sind, ist der Markstrahl hier abnormal breit. Zwischen den Bündeln der Wundseite, die Cambien derselben verbindend, liegen parenchymatische Interfascicularbildungen. Dieselben fehlen meist noch im normalen Markstrahl dieser Höhe, nur in der Nähe der Bündel findet sich ab und zu eine tangentiale Teilungswand, während an der Wundseite bis sechs vorkommen. Die radial angeordneten Zellen sind parenchymatischer Natur 12—20 μ dick und 130—320 μ lang.

Auf einem 1.53 m hoch angefertigten Querschnitt (Abb. 7) ist die hier 4,5 mm breite Wundfläche wie auf dem eben geschilderten Schnitt mit einer unregelmässigen Epidermis bedeckt, welche jedoch nichts neues bietet. In der Mitte der Wundfläche ist sie wie oben abgestorben und durch Kork ersetzt. Die Cambiumzone liegt auf den mittleren 2,2 mm der Wunde höchstens 200 μ von der Oberfläche entfernt, an den Seiten wird die Entfernung etwas grösser, der Uebergang zur normalen Entfernung, welche hier im Bündel 680—800 μ beträgt, im Interfascicularholz auf 500 μ sinken kann, ist ein schneller. Mit dem letzten normalen Bündel (links der Abb.) beginnend und von da in etwa gleichen Abständen bis zum andern Ende der Wunde messend, finde ich folgende Entfernungen 700, 300, 150, 390, 200, 200, 200, 150, 300, 300 und 700 μ. Entsprechend diesen geringen Grössen ist auch die Dicke der Rinde eine kleine. In der Nähe der normalen Seite ist das Collenchym 130 μ, die parenchymatische Rinde 200 μ dick. Nach der Mitte der Wunde zu werden beide

Gewebe bald dünner, 450 μ weiter keilt sich die parenchymatische Rinde ganz aus, während die Dicke der Collenchymschicht auf 85 μ sinkt. Aehnlich liegen die Verhältnisse auf der entgegengesetzten Seite neben dem normalen Gewebe. Der 3 mm langen mittleren Partie der Wunde fehlt die parenchymatische unverholzte Rinde und an einigen Stellen auch die collenchymatisch verdickten Zellen, doch sind die letztern überall vorhanden gewesen, aber an jenen Stellen in die Korkbildung eingezogen worden. Im günstigsten Fall ist die Collenchymschicht in dieser mittleren Partie 5 Zellreihen dick und misst 80 μ. Meist besteht die Schicht auch dort, wo sie nicht durch Korkbildung verschmälert ist, wo also die Epidermis noch vorhanden ist, aus weniger Zellen und ist dünner. Ueberall ist das Collenchym von dem normalen durch unregelmässige Lagerung, die einzelne Zelle durch weniger starke Verdickung und stark tangentiale Streckung unterschieden. Ausserdem ist die collenchymatisch verdickte Zelle in der Mitte der Wunde meist viel kürzer, wie die normale Collenchymfaserkammerung. Während diese 50—200 μ lang ist, sind hier 25—40 μ lange Zellen häufig, die längsten messen nur 80 μ. An den Seiten der Wundfläche werden dagegen die normalen Dimensionen erreicht, wie überhaupt hier die Abweichungen vom Normalen weniger gross sind. Ebenso wie im Collenchym sind auch in der parenchymatischen Rinde kleinere Zellen häufiger wie normal.

Ganz abnormal ist die regenerierte Bündelzone. Sie ist 300—550 μ dick und besteht aus Markstrahl- und Bündelgewebe. An den Seiten hat sie etwa den Bau, wie auf dem letztgeschilderten Querschnitt auf der Mitte der Wundfläche, es sind einige kleine aber ziemlich normal zusammengesetzte Bündel und ein stark tangential

geteilter Markstrahl vorhanden. In der Mitte, auf einer 2,3 mm langen Strecke, fehlt das eigentliche Bündelgewebe dagegen fast ganz, der tangential geteilte Markstrahl scheint allein die Bündelzone zu ersetzen. Es kommen jedoch in der Rinde vereinzelte kleine Siebteile vor, im Holz einige reducierte Gefässbündelzüge, welche aber nur auf Tangentialschnitten erkennbar sind. Die Sec. Rinde ist abgesehn von einigen kleinen Siebteilen ganz gleichmässig gebaut, sie besteht aus 50—130 μ langen, 10—70 μ dicken und 12—70 μ breiten parenchymatischen meist tangential gestreckten schwach verholzten Zellen. Dieselben liegen in Radialreihen geordnet, welche durch Auftreten tangentialer Teilungswände aus einer oder mehreren noch deutlich erkennbaren Mutterzellen entstanden sind. An der Grenze zum Holz liegt gewöhnlich eine Mutterzelle mit etwa 5 Teilungen, ausserhalb folgen wenige mit 2 oder 3 Tochterzellen oder auch wohl eine ungeteilte aber verholzte Zelle, welche dann genetisch den Mutterzellen der andern gleichzustellen ist. Die kleinen zerstreuten Siebteile bestehn aus wenigen unverholzten engen Zellen, an welchen ich keine Siebplatten beobachtet habe, und liegen an der Grenze zum Holz. Dieses ist, die innern verholzten aber ungeteilten Markzellen nicht mit eingerechnet, 50—180 μ, meist 130 μ dick. Wie die Zellen der sekundären Rinde sind auch die Holzzellen des mittlern Wundgewebes durch tangentiale Teilungen einer oder mehrerer Mutterzellen entstanden. Stärker geteilte Zellen liegen an der Grenze zur Rinde, schwächer geteilte am Mark. Die Elemente des Holzes haben etwa die Dimensionen der Sekundärrindenzellen, nur sind hier enge Zellen häufiger. Die Verholzung ist im Allgemeinen eine stärkere wie in der Rinde, an einzelnen Stellen ist der Unterschied auffallend. Während

die Hauptmenge der Zellen parenchymatischer Natur ist, kommen vereinzelt auch schmale Züge eigentlichen Bündelgewebes vor.

Diese oft geschlängelt verlaufenden Holzzüge bestehn aus Zellen, welche die Dimensionen des Markstrahlparenchyms haben, aber an den Enden kurz zugespitzt sind und daher einen Uebergang vom Parenchym zum Libriform bilden. Bisweilen finden sich in den Bündelzügen auch Gefässe, welche jedoch nur bis 40 μ weit werden und nicht genau senkrecht sondern geschlängelt verlaufen und mit ihren Gliedern nicht genau an einanderschliessen.

Nicht immer ist die Grenze zwischen Holz und Rinde mit Sicherheit festzustellen. Dort wo Siebteile vorhanden sind, liegen sie an der Grenze zwischen den beiden Geweben, denn hierfür spricht in allen Fällen auch die Natur des hinter jenen gelegenen Gewebes, welches an diesen Stellen immer aus engern stärker verholzten Zellen besteht. Dort wo die Siebteile fehlen, sind zuweilen die Unterschiede in der Weite der Zellen und der Färbbarkeit der Membranen gross genug, um die Grenze sicher zu bestimmen, ist das nicht der Fall so kann manchmal die Lage benachbarter Siebteile Auskunft geben. An vielen Stellen ist es ganz unmöglich die Grenze anzugeben. Bei schwacher Vergrösserung ist der Unterschied zwischen Holz und Rinde verhältnismässig deutlich zu sehn, auf unserer bei schwacher Vergrösserung angefertigten Abbildung ist das ebenfalls der Fall.

Bei unsrer Pflanze findet also von oben nach unten und bei geringerer Regeneration von der Seite nach der Mitte der Wunde eine Abnahme der Regeneration statt. Die Epidermis ist oben, abgesehn von schwachen Längswülsten, regelmässig. Schon 1.91 m hoch fehlen Haare, Borsten und Spaltöffnungen, dafür werden Längswülste

häufiger. Die Lebensfähigkeit der unregelmässigen regenerierten Epidermis nimmt unten bald ab, schon 1.91 m hoch ist sie in der Mitte abgestorben und durch Kork ersetzt. Collenchym und Rinde, beide oben in normaler Ausbildung, nehmen nach unten bald an Dicke und Regelmässigkeit ab, ihre Zellen werden kleiner. Die auf der Mitte des Wundquerschnitts liegenden Bündel werden nach unten zunächst nur kleiner ohne ihren regelmässigen Bau zu verlieren. Unten an der Wundfläche ist das Bündelgewebe nur in wenigen Strängen ausgebildet. Der Siebteil besteht aus wenigen engen unverholzten Parenchymzellen, das Holz aus engen Gefässen und kurzen Uebergangsformen zwischen Libriform und Parenchym. Der Markstrahl ist schon ziemlich hoch am Stamm, wo die Bündel noch regelmässig sind, abnormal breit, seine Zellen vielfach tangential geteilt.

Ueberall, abgesehn von der obersten Partie, welche ganz normal ist, sind die an die normalen Seiten angrenzenden Partien besser regeneriert, wie die Mitte des betreffenden Querschnitts. Bei der Epidermis zeigt sich das darin, dass sie an der Seite auch unten am Leben bleibt, während sie in der Mitte abstirbt. Die andern Gewebe sind an den Seiten regelmässiger gebaut und in einer sich dem Normalen mehr nähernden Dicke regeneriert.

Am günstigsten ist die Regeneration aus dem Meristem des Blütenkorbes erfolgt, hier sind neue Organe, Zungenblüten und die obersten Deckblätter regeneriert. (vgl. J. Sachs 36. pag. 174.) Unter dem Blütenkorbe ist die Regeneration am vollständigsten aus dem Meristemringe, und in gleichem Maasse aus dem stark gerbstoffhaltigem Markgewebe erfolgt. Mit der Abnahme des Gerbstoffgehalts wird auch die Regenerationsfähigkeit geringer, sie

nimmt daher von oben nach unten und von der Seite nach der Mitte mit dem Gerbstoffgehalt ab. Auch in der Rinde, welche nur für die Regeneration der Rinde und der Epidermis in Frage kommt, findet Abnahme von oben nach unten statt, während Unterschiede zwischen verschiedenen Rindenpartien derselben Höhe nicht zu erkennen sind. Dass die Rinde besser wie das Centralmark regeneriert, ist vorauszusehn, wenn man bedenkt, dass die Rinde viel länger teilungsfähig bleibt, wie das Centralmark, auch seltener, jedenfalls nur zum Teil im Hochsommer, abstirbt, während das beim Centralmark immer und in grosser Ausdehnung der Fall ist.

Bei vielen Pflanzen von 1894 erreichen die Gewebe nirgends, auch oben nicht, die normale Dicke, die Pflanzen sind offenbar in einem spätern Zustand verletzt wie die beschriebene. Dementsprechend ist bisweilen die Regeneration am untern Teil der Wunde geringer, wie am beschriebenen Exemplar. Bei diesen Pflanzen ist der Bündelring ersetzt durch ein Band kurzer tangential geteilter Zellen, während Züge von Siebröhren, faserartigen Zellen oder Gefässen ganz fehlen.

Die normal hoch differenzierte Bündelzone kann also bei diesen Pflanzen durch ein rein parenchymatisches verholztes gefässloses durch Tangentialteilungen entstandenes Gewebe ersetzt werden.

Unter Umständen kann die Reduktion noch weiter gehn. Bei einer Reihe besonders schwachwüchsiger und auch spät verletzter Pflanzen der drei Jahre sind oben die Bündel mehr oder minder normal regeneriert. Nach unten zu verschwinden sie bald ganz, während sie an den Seiten erhalten bleiben. An den Seiten solcher Querschnitte folgen auf die normalen Gewebe der Kante Collenchym, parenchymatische Mittelrinde und eine aus wenigen

kleinen Bündeln, Markstrahl und wenigen Interfascicularbildungen bestehende Bündelzone. Alle Gewebe werden nach der Mitte der Wunde zu schmaler, parenchymatische Rinde und Bündelzone keilen sich ganz aus, nur die unregelmässige Epidermis, resp. der dieselbe vertretende Kork, und das Collenchym bleiben erhalten. Zwischen Collenchym und Mark liegt nun oft eine kleine Gruppe verholzter parenchymatischer aber nicht tangential geteilter Zellen, welche entweder von unverholztem Gewebe allseitig umgeben werden oder seitlich an die Bündelzone anschliessen. Die Grösse der Gruppe ist verschieden, bisweilen ist nur eine einzige Zelle verholzt, meist sind es mehr, in wenigen Fällen zählt man auf einem Querschnitt bis fünfzig zu einer tangential gestreckten Gruppe angeordnete Zellen. Bei solchen grossen Complexen sind meist einige der Zellen auch tangential geteilt. Diese Gruppen verholzter Zellen möchte ich als Vertreetr der Bündelzone ansprechen, die Zellen konnten sich nicht mehr teilen, wohl aber noch verholzen. Die Gründe für diese Annahme sind folgende. Einmal liegen die fraglichen Zellen am Orte des Bündelringes zwischen Rinde und Mark, ausserdem schliessen sie sich seitlich in manchen Fällen direkt an die Bündelzone an, endlich finden sich in grösseren Zellcomplexen stellenweise tangential geteilte Zellen, die wir bereits als Vertreter der Bündelzone auftreten sahen.

Auffallend ist hierbei die Bevorzugung einzelner Zellen und Zellcomplexe: während gewisse Zellen verholzen, bleiben andre direkt neben jenen liegende und anscheinend unter genau den gleichen Bedingungen lebende Zellen unverholzt. Aehnliches habe ich auch an andern Stellen beobachtet.

Die Lagerung der nur aus tangential geteiltem Paren-

chym bestehenden Bündelzone würde bei gleichmässiger Entwicklung aller Mutterzellen eine genau der Oberfläche parallele sein, die Zellen würden in zur Oberfläche parallelen Reihen liegen. Dadurch dass in einzelnen Zellen wesentlich mehr Teilungen auftreten, wie in den Nachbarzellen, finden Verschiebungen statt, die Bündelzone zeigt Ausbuchtungen, die Teilungswände der Zellen verlaufen schräg zur Oberfläche. Auf einer ähnlichen Bevorzugung beruht es, dass einzelne Zellen der jungen Epidermis sich callös über die Oberfläche vorwölben und durch lebhaftes mit Teilungen verbundenes Wachstum jene Längsleisten der Wundepidermis bilden.

Am untern Teil der Wundfläche eines Exemplars von 1894 finden auch in der Rinde solche Wucherungen in einzelnen Zellen statt, während die Nachbarschaft unverändert bleibt. Der Querschnitt durch die bis 150 μ dicken Wucherungen zeigt 3—5 Radialreihen, welche aus bis 10 verholzten Zellen bestehn. Seitlich stossen diese verholzten Zellcomplexe an Collenchym, innen an unverholzte Rinde oder den Bündelring, der hier nur aus tangential geteiltem verholzten Parenchym besteht.

Bei all' diesen schwächern Pflanzen von 1894 findet die Abnahme der Grösse und die Abänderung der Zusammensetzung der Gewebe in der für das genauer geschilderte Exemplar angegebenen Weise statt.

Das Gleiche gilt für die wenigen starkwüchsigen Pflanzen dieses Jahres, nur über das Verhalten der Bündelzone ist einiges hinzuzufügen. Collenchym und parenchymatische unverholzte Rinde sind bei ihnen auch unten in ziemlich beträgtlicher aber nicht normaler Dicke entwickelt. Bastfaserbündelchen finden sich bei ihnen ebenfalls nur an der Seite. Während bei dem beschriebenen Exemplar unten die Siebteile klein und selten sind, liegen

bei den wenigen starkwüchsigen Pflanzen unten zahlreiche aus unverholzten in Radialreihen liegenden Zellen bestehende Siebteile vor der Cambiumzone. In ihnen liegen Gruppen sehr engzelligen siebröhrenhaltigen Gewebes. Zwischen den Siebteilen liegen die verholzten, bei andern Pflanzen unverholzten, Rindenstrahlen, welche in der Mitte der Wunde stark tangential geteilt sind. An den Seiten zwischen den die kleinen Bastfaserbündel führenden Siebteilen sind Tangentialteilungen seltener, hier gleicht der Rindenstrahl daher eher dem normalen. Die regenerierten Siebteile sind kleiner, wie die der mittlern und grössern Bündel der normalen Seite. Dafür liegt aber auf der gleichen Strecke an der Wundseite eine grössere Anzahl, sodass auf gleiche Strecken etwa gleich viel Siebteil entfällt.

Primärholz findet sich unten an der Wunde nicht, oder doch nur in der nächsten Nachbarschaft der normalen Bündel, dagegen ein mächtiges Sekundärholz, welches stellenweise das der normalen Bündel an Dicke übertrifft. Das Querschnittsbild desselben zeigt eine anscheinend homogene radial angeordnete Grundmasse, in welche mehr oder minder grosse Gefässe eingebettet sind. Dieselben liegen in 2—3 durch Grundgewebe getrennten Tangentialbinden, welche hier oft deutlicher sind wie im normalen Bündel. Die Gefässe, welche die grössten Gefässe der normalen Bündel dieser Höhe nie an Weite erreichen, und die Elemente des Grundgewebes sind durch den Querschnitt oft schräg durchschnitten und zwar verhalten sich die Zellen einer und derselben Radialreihe in dieser Beziehung meist gleich, das heisst in einer Radialreihe liegen nur quer durchschnittene Zellen, in einer andern nur schräg durchschnittene. Deutlichere Auskunft über den Bau des Wundholzes giebt der Tangentialschnitt. Hier erst erkennt man, dass das Holz

in Markstrahl und eigentliches Bündelgewebe differenziert ist. Das Markstrahlgewebe ist stark vermehrt, die grossen Markstrahlen zeichnen sich durch beträchtliche Breite aus, sie sind oft halb so breit, wie hoch, die kleinen bestehn oft nur aus wenigen Zellen. Der Markstrahl setzt sich aus bis 70 μ langen, etwa halb so weiten, verholzten, wenig verdickten Parenchymzellen zusammen.

Das Holz besteht aus mit einander vielfach anastomisierenden, durch die Markstrahlen von einander getrennten schmalen Gewebesträngen, welche in der Richtung des Stammes verlaufen, aber, schon in Folge der Form der Markstrahlen, vielfach geschlängelt sind. Im Holz finden sich enge 100—300 μ lange oft nur wenig verdickte Zellen, welche kurz zugespitzt sind und Uebergangsformen zum Libriform bilden, ferner halb so lange, ebenfalls zugespitzte mit zahlreichen Hoftüpfeln versehene Zellen, die Tracheiden, und enge und weitere Gefässe. Der Bau des Holzes hat oft die grösste Aehnlichkeit mit dem von Vöchting (44.) und Mäule (28.) beschriebenen Bau des Wundholzes und mit dem Bau des Rindenknollenholzes (Sorauer 38. Taf. XV. Krick 24.) und zwar besonders in Bezug auf die Unregelmässigkeiten des Verlaufes und der Form der Elemente. (Vergl. die Abb. dieser Autoren.) An der Markgrenze ist der Bau des Holzes am unregelmässigsten, in der Cambiumreihe ist die Zusammensetzung und der Verlauf des Holzes, sowie die Form seiner Elemente vielfach fast normal. (Vergl. Vöchting 44. pag. 136 ff.)

Ebenso wie bei schwachwüchsigen Exemplaren von 1894 die Reduktion der Bündelzone sehr weit gehn kann, ebenso sind bei diesen starkwüchsigen Exemplaren desselben Jahres die ältesten den Holzteil der Bündelzone vertretenden Produkte des Primärcallus in vielen Fällen

stark reduciert und von sehr auffallendem Bau. Der Primärcallus selbst ist an solchen Stellen oft sehr engzellig, seine Zellen sind 25—75 μ lang, dabei meist etwas enger. Ueber Bau und Lagerung der ersten Holzbildungen giebt der Tangentialschnitt am besten Auskunft. Man findet auf solchen Schnitten an der Markgrenze stellenweise grössere isolierte Gruppen von verholzten Zellen oder ebensolche, welche mit einander in Verbindung stehn, oder auch schmale oft nur eine Zellreihe breite netzförmig in dem unverholzten Gewebe verlaufende Stränge von Tracheiden oder Tracheen. Die breiten Gruppen bestehn zum grossen Teil aus zahlreichen Tracheiden und verholzten Parenchymzellen, welche beide die Dimensionen der Primärcalluszellen haben. Die Tracheiden und Tracheenglieder der schmalen Züge sind dagegen oft recht weit, in vielen Fällen finden wir 100 μ weite aber nur ebenso lange tonnenförmige Zellen, welche in Bau und Anordnung, besonders in den horizontalen Zügen des netzförmigen Maschenwerks den von Vöchting (44.) Tafel X. Figur 10 und 11 reproducierten Gefässbündelsträngen gleichen.

Die Pflanzen von 1895 sind hochstämmiger, sie legen ihren Blütenkorb daher später an, sie sind früher im Jahr, am 10. Juni, verletzt, also zu einer Zeit, als die Pflanzen noch eine Reihe von Blättern und Internodien anlegen sollten. Demgemäss ist die Regeneration eine sehr günstige. Die beiden Hälften der Stammspitze regenerieren sich zu selbständigen Vegetationspunkten, von welchen normale Organe und Gewebe angelegt werden. Die unter der Stammspitze gelegenen, bei der Verletzung bereits etwas weiter ausgebildeten Partien, reagieren auf die Verwundung, wie die entsprechenden Stammteile der Pflanzen des Vorjahres, mit wesentlich nur durch Rassencigentümlichkeiten bedingten Abweichungen.

Die Blütenkörbe dieser Pflanzen zeigen keine Spur einer Verletzung, ebensowenig eine 30—140 cm lange obere Partie der Teilstämme, welche ganz normal erscheint und regelmässig mit Blättern besetzt ist. Unter dieser normalen Stammpartie folgt eine solche, welche eine deutliche Wunde zeigt; der Stamm ist abgeflacht u. Organe fehlen an der Wundseite. Die Veränderung der Gewebe findet genau in derselben Weise wie bei den Pflanzen von 1894 statt. Am untern Teil der freien Wundfläche gefertigte Querschnitte zeigen ein ähnliches Bild, wie die stärkern Pflanzen von 1894. Die Epidermis ist durch Längsreihen wülstig, ohne Haare, Borsten und Spaltöffnungen und auf einem Teil der Wundfläche durch Kork ersetzt. Collenchym und parenchymatische unverholzte Rinde sind ziemlich dick, erreichen aber die normale Dicke nicht ganz. Ihre Elemente haben meist die normalen Dimensionen. Bastfaserbündelchen sind oft in grösserer Anzahl vorhanden wie 1894, meist liegen sie an den Seiten der Wunde, selten in der Mitte. Ueber die Siebteile gilt das für die starken Exemplare von 1894 gesagte. Das Sekundärholz der normalen Bündel erreicht auf dieser Höhe bisweilen eine Dicke von 2 mm, das Wundholz ist meist ebenso dick, bisweilen auch etwas dicker. Es ist entweder wie das der starkwüchsigen Exemplare von 1894 gebaut, meist ist es nahezu normal. Auffallend ist, dass bei vielen Pflanzen das Sekundärholz in der Mitte des Wundquerschnitts am dicksten ist, während die andern Gewebe an der Seite am besten entwickelt sind.

Bei vielen Pflanzen bildet die Cambiumzone der Wundseite eine wenig gekrümmte der Oberfläche parallele Linie. Bei andern Pflanzen, und zwar besonders bei den wenigen starkwüchsigen Pflanzen von 1894, und den schlechter

regenerierten von 1895, macht die Cambiumzone stellenweise weite Ausbuchtungen nach aussen. Dieselben sind wohl so zu Stande gekommen, dass früh an vereinzelten Stellen die ersten Bündelelemente in Gruppen angelegt wurden, dass darauf stellenweise der diese Gruppen trennende Markstrahl nicht durch eine gerade der Oberfläche parallele, sondern durch eine weit nach aussen vorbiegende Cambiumzone überbrückt wurde. Es geht das daraus hervor, dass in den vorgeschobenen Holzteilen an der Markgrenze jüngere Elemente liegen, wie ebendort in den nicht vorgeschobenen Holzteilen, so zum Beispiel hier Primärgefässe, dort Tüpfelgefässe.

In andern Fällen werden durch das Vorschieben der Cambiumzone, welches wir auch im normalen Stamm bei dem ebenfalls später angelegten Interfascicularholz beobachten, die erst gebildeten Bündelteile vollständig im Mark isoliert. Die jüngere Cambiumzone verläuft also zwischen den letztern und der Oberfläche, die isolierten Bündelteile entwickeln sich zu concentrischen Bündeln mit innerm Siebteil. (Abb. 8. u. 9.)

Interessant ist in dieser Beziehung ein schwaches früh verletztes Exemplar von 1896. Oben hat der Schnitt eine kurze Teilung hervorgerufen, unten einen langen tiefen Spalt. Im obern Teil desselben (Abb. 9.) liegen in etwa gleicher Entfernung von der Oberfläche und in etwa gleichen Abständen von einander zahlreiche kleine Bündel, die an den Seiten der Wunde etwas grösser wie in der Mitte, aber gleich zusammengesetzt sind. Sie haben ein aus Fasern und Gefässen bestehendes Sekundärholz, die meisten auch Primärholz, alle haben einen Weichbast und eine kleine Fasersichel. An der Seite der Wunde stehn die Bündel durch ein schwaches nur aus wenigen tangential geteilten verholzten Parenchymzellen bestehendes Inter-

fascicularholz mit einander und mit dem normalen Bündelringe in Verbindung. Diese Interfascicularbildungen sind, wie im normalen Stamm, der Oberfläche etwas mehr genähert wie die benachbarten Bündel. Mehr nach der Mitte des Wundquerschnittes zu richtet sich das von den Bündeln ausgehende junge Cambium senkrecht gegen die Oberfläche und endet neben der Fasersichel des betreffenden Bündels. Der Holzteil dieses jüngern Cambiums besteht aus verholztem Parenchym, der Siebteil aus Weichbast, beide schliessen sich an die gleichen Gewebe des Bündels an, mit diesen einen Gewebestrang von hufeisenförmigem Querschnitt bildend und die Bastfasersichel von drei Seiten umfassend. Auf dem mittlern Teil der Wunde umfasst das Cambium die Fasersichel ganz, ein concentrisches Bündel mit centralem Siebteil kommt zu Stande.

Vor den concentrischen Bündeln verläuft hier keine continuierliche Cambiumzone, sie wird dort nur stellenweise durch Verholzen einiger Zellen angedeutet. Tiefer unten am Stamm sind mehr Bündel zu concentrischen umgewandelt, die seitlichen sind auch hier collateral. An das Holz der letzteren schliesst sich ein dünnes vor den concentrischen Bündeln verlaufendes Holzband an, welches aus tangential geteilten verholzten Parenchymzellen und stellenweise aus kurzen Fasern besteht.

Concentrische Bündel, welche in gleicher Weise entstanden sind, finden sich im äussern Mark der Wundseite häufiger. Sie scheinen sich immer dann zu bilden, wenn früh entstandene Bündelteile frei ins Mark zu liegen kommen. Immer ist ihr nach der Achse des Organs gelegener Teil am stärksten entwickelt, hier nur findet sich Primärholz, welches aber auch, besonders in den untern Bündelteilen, fehlen kann.

Das Sekundärholz besteht an der der Wundfläche abgewandten Seite der concentrischen Bündel hauptsächlich

aus Fasern und engen und weitern Gefässen, an der andern Seite oft nur aus zum organischen Centrum des Bündels radial gerichteten Reihen parenchymatischer Zellen, seltener ebenfalls aus Fasern. Die Gefässe sind hier weniger zahlreich und enger und die ganze Holzschicht dünner wie an der Innenseite. Der Siebteil besteht entweder aus Hartbast und Weichbast, oder aus letzterem allein. Im ersten Falle kann der Weichbast den Hartbast ringförmig umfassen und ist dann wie das Sekundärholz an der Aussenseite weniger dick, oder er kann an dieser Seite ganz fehlen. Während eine vor den concentrischen Bündeln verlaufende Cambiumzone bei dem zuletzt beschriebenen Exemplar oben stellenweise fehlt, ist bei allen andern Pflanzen eine solche vorhanden. Das von dieser Cambiumzone producierte Holz hat eine etwas andre Zusammensetzung wie das der Innenseite der concentrischen Bündel, es gleicht dem der Aussenseite.

Ausser diesen im Mark gelegenen concentrischen Bündeln, welche stets einen innern Siebteil haben, finden sich unter ähnlichen Bedingungen in der Rinde concentrische Bündel mit innerm Holz.

Bisweilen ist nämlich eine junge Bündelanlage durch den Schnitt so nahe an die Oberfläche gekommen, dass sie später nicht mit in den Bündelring eingezogen wurde, sondern isoliert in die Rinde zu liegen kam. Die junge Bündelanlage bildete sich unter diesen Umständen zum concentrischen Bündel mit innerm Holz um. Bei einigen Pflanzen sind sehr dünne aber breite Streifen abgelöst, auf ihnen sind meist mehrere kleine Bündelkreise anstatt eines einzigen grossen gebildet, daneben bisweilen auch concentrische Bündel mit innerm Holz. Während die Bildung von Bündelkreisen hier natürlich erscheint, hat die Bildung von solchen im Mark immerhin etwas auffallendes. Frei

im Mark gelegene kleine Bündelkreise finden sich, wo sonst concentrische Bündel gebildet werden, gar nicht selten. Abbildung 8 zeigt einen Querschnitt durch den obersten Teil eines Stichkanals, auf welchem mehrere markständige Bündelkreise sich finden.

Dass im Mark von Helianthus nur concentrische Bündel mit innerm Phloem, in der Rinde nur solche mit innerm Xylem gebildet werden, stimmt sehr gut mit den Untersuchungen vom J. Weiss (48 pag. 411, 412, 414.) Nach demselben werden bei vielen Dikotyledonen im normalen Entwicklungsgange concentrische Bündel gebildet und zwar bei allen untersuchten Pflanzen im Mark stets solche mit innerm Siebteil, in derRinde ausschliesslich solche mit innerm Holz.

Die ganz dünnen Teilstämme, welche öfter vorkommen, sind in mehrfacher Beziehung von Interesse. Einmal ist der Sekundärzuwachs bei ihnen viel geringer wie am Stamm, andererseits sind Epidermis, Collenchym, Rinde und Primärteile des Bündels in manchen Fällen auf ihnen besser regenerirt, wie dort.

Eine der Pflanzen von 1894 ist 2 m hoch und mittelstark. 80 cm unter dem Blütenkorbe beginnt ein tangential gegen den Stamm verlaufender Spalt. 18 cm höher entspringt ein Ast auf der Aussenseite der Lamelle, diese wird dann bedeutend dünner und ist mit dem Hauptstamm nur durch einen schmalen parenchymatischen Streifen seitlich verbunden. 12 cm über dem Ast löst sich der schmale Streifen ganz vom Hauptstamme ab, trägt etwas höher ein Blatt und verbindet sich oben mit dem Blütenkorbe. Die letzte ganz freie Partie ist 45 cm lang in der Mitte etwa 2 mm dick und 5 mm breit, während der Hauptstamm auf gleicher Höhe 1,3 cm dick ist. Die Wundepidermis dieses Teils der Lamelle ist abgesehn

von der obersten und untersten Partie ziemlich regelmässig. Die Anordnung der Zellen ist normal, Längswülste sind nicht sehr häufig, Haare und Spaltöffnungen finden sich überall, wenn auch in geringer Anzahl, Borsten sind nur oben vorhanden. Die obersten 3 cm haben allerdings in grösserer Menge Haare, Borsten und Spaltöffnungen, dafür ist aber die Oberfläche durch nach allen Richtungen verlaufende Wucherungen stark wülstig, wie das am Blütenkorbe der Pflanzen dieses Jahres ja die Regel ist. Im untersten Teil der freien Lamelle verlieren sich Haare, Borsten und Spaltöffnungen allmählig, die Anordnung der Zellen wird dicht über dem Ast eine sehr unregelmässige, es treten wieder zahlreiche Wülste auf, welche tiefer unten durch Längswülste ersetzt werden.

Die Partie unter dem Köpfchen und die Nodialpartie stimmen also in gewisser Beziehung überein und verhalten sich anders wie das Internodium, wie ja auch im normalen Entwicklungsgange Nodium und Internodium sich unterscheiden. Die Epidermis des Hauptstammes ist etwas weniger günstig, wie die des Teilstammes regeneriert, doch ist der Unterschied nicht sehr bedeutend. Das Collenchym des dünnen Teilstammes ist 55 cm weit etwa bis zu dem Aste in normaler Dicke regeneriert, während es am Hauptstamme nur ganz oben die normale Ausdehnung hat und schon 30 cm unter dem Blütenkorbe wesentlich schmaler ist. Auf derselben Höhe ist die primäre Rinde des Hauptstammes an den meisten Stellen, besonders in der Mitte der Wundfläche, nur in einer Zellschicht vorhanden, dagegen findet sie sich am dünnen Streifen sogar 25 cm tiefer, also etwas über dem Aste in mehreren Schichten. Bündel sind auf der Lamelle in grösserer Menge regeneriert, sie bilden mit den normalen Bündeln einen eliptischen Bündelring und reichen

tiefer hinab wie die wenigen des Hauptstammes. Das Wundholz des letztern hat unten die Zusammensetzung, wie auf Abb. 7, Bündelprimärteile fehlen ganz, die Sekundärteile sind dagegen wesentlich stärker wie auf der Lamelle. Ueberall ist die Wundfläche des Hauptstammes schmaler wie an der Lamelle. Da die Aussenseite der letztern ganz normal gebaut ist, muss die Grössendifferenz wohl auf ein geringeres Tangentialwachstum der Wundfläche des Hauptstammes zurückgeführt werden. Wir finden also die auffallende Thatsache, dass die auf der einen Seite zu Neubildungen veranlassten Zellen sich ganz anders verhalten, wie die auf der andern Seite anscheinend ganz in der Nachbarschaft der ersteren gelegenen. In Wirklichkeit sind aber die Zellen, welche auf beiden Seiten hauptsächlich zur Regeneration kommen, ursprünglich gar nicht so benachbart, wie das den Anschein hat. Denn einmal sterben sicher die verletzten Zellen und jederseits eine oder mehrere Zellreihen ab, andererseits kommen nicht allein die äussersten am Leben gebliebenen, sondern auch die etwas tiefer gelegenen Zellschichten hauptsächlich für die Regeneration in Frage. Es ist daher wahrscheinlich, dass auf dem dünnen Teilstamm entwicklungsfähiges peripheres Mark, auf dem Hauptstamm jedoch centrales Mark zur Regeneration kam, welches nach allen bisherigen Erfahrungen wenig entwicklungsfähig ist.

Hervorheben muss ich hier, dass in einigen Fällen dieser Unterschied zwischen Lamelle und Hauptstamm fortfällt, in allen Fällen ist auf dem Hauptstamm das Sekundärholz stärker ausgebildet, wie auf dem dünnen Teilstamm. Besonders auffallend ist dieser Unterschied bei der starkwüchsigen Rasse von 1895. Eine 3 m hohe Pflanze teilt sich 1.50 m hoch in einen in seinem obern Teil ganz normalen Hauptstamm und einen dünnen Teil-

stamm. Dieser ist 20 cm lang, unten 0,8 cm dick und trägt an seiner Spitze in der Achsel eines auf der Aussenseite inserierten Blattes einen kräftigen 70 cm langen blühenden Ast. Die ziemlich wülstige überall lebende Epidermis hat weder Haare und Borsten noch Spaltöffnungen. Collenchym und Rinde sind in beträchtlicher, wenn auch nicht normaler Dicke regeneriert. Zahlreiche mittelgrosse Weichbastteile und viele kleine Faserbündelchen, welche seitlich stellenweise zu einem tangentialen Bande verschmelzen können, bilden den Bastteil. Primärholz fehlt ganz, das Sekundärholz besteht stellenweise aus einer parenchymatischen, stellenweise aus einer prosenchymatischen Grundmasse in welcher meistens Gefässe vorkommen. Dieselben sind enger wie normal und fehlen bisweilen dem parenchymatischen Holz. Die grösste Ausdehnung besitzt das Holz in der Mitte des Wundquerschnitts. Es misst am untern Teil des dünnen Teilstammes bis 540 μ. Die Epidermis des starken Teiles, des Hauptstammes, ist durch Kork ersetzt. Collenchym und Rinde sind wie am schwächern Teil ausgebildet. Das Bündel hat die Zusammensetzung wie die andern Pflanzen dieses Jahres, das Sekundärholz ist verhältnismässig normal regeneriert, es besteht zum grossen Teil aus einer faserhaltigen meist regelmässig gelagerten Grundmasse und vielen Gefässen. Im untern Teil der Wunde misst das Holz 1500 μ, ist also bedeutend stärker wie das des dünnen Teilstamms.

Während am normalen Stamm das Sekundärholz nach unten an Dicke zunimmt, findet bei den darauf untersuchten dünnen Teilstämmen mit endständigem Ast eine Abnahme nach unten statt. Sie verhalten sich also wie „Bäume mit in geschlossenem Bestande unterdrückter Krone," welche nach de Bary (3. pag. 492) den „Zuwachs in jeg-

lichem Sinne (Masse und Ringdurchmesser) von oben nach unten abnehmend, selbst bis zum gänzlichen Ausbleiben im untern Teile“ zeigen. Zum Beispiel beträgt die grösste Dicke des sekundären Wundholzes an einem solchen dünnen Teilstamm 1 cm unter dem endständigen Ast 1650 μ 2 cm tiefer 1000 μ und 7 cm tiefer 600 μ.

Bei einer Pflanze von 1896, bei welcher der Ast nicht am Ende sondern im Verlaufe des obern Teils der Lamelle inseriert ist, ist auch direkt über dem Ast ein Sekundärholz von bedeutender Dicke ausgebildet worden. Dasselbe keilt sich nach oben bald aus und ist wohl durch den Einfluss des Astes entstanden. Der Schnitt hat in einer Blattachsel eingesetzt, er verläuft nicht radial, sondern stark tangential, in der Richtung einer kleinen Sehne, geht aber an der andern Seite nicht durch. Die Blattbasis ist nur in ihrer einen Hälfte abgelöst, die andre steht auf dem Hauptstamm. Die auf der Lamelle stehende Blatthäfte trägt in ihrer Achsel einen kräftigen Zweig. Der Hauptstamm ist, wie gewöhnlich, viel stärker gewachsen wie die Lamelle, die beiden Hälften der Blattbasis sind um 10 cm von einander entfernt, auf der normalen Seite des Hauptstammes sind zwei Blätter zwischen den beiden Blatthälften inseriert. Das sonderbare ist bei dieser Pflanze, das der schwächere Teil, die Lamelle, nicht frei ist, sondern seitlich organisch mit dem Hauptstamm verbunden ist. Unter dem Ast, ist die Lamelle 1,4 cm dick und besteht aus Rinde, Holz und Markkörper, welche seitlich mit den entsprechenden Geweben des Hauptstammes in direktem Zusammenhang stehn, das heisst der Querschnitt zeigt einen einzigen beiden gemeinsamen Markkörper, einen einzigen Bündelring und eine einzige Rinde. Trotz dieses Zusammenhanges ist der Hauptstamm an der Lamelle um 10 cm vorbeigewachsen.

Die beiden Teile der verletzten Blattbasis sind durch einen in seinem obern Teil sehr dünnen, unten aber wie erwähnt stark verdickten Gewebestreifen verbunden. Die obern 5 cm desselben sind nur bis 4 mm dick uud bestehn im Wesentlichen aus parenchymatischem Gewebe, welches seitlich mit der Rinde des Hauptstammes in Verbindung steht. Nur einige wenige Bündel liegen an der Aussenseite dieses Gewebestreifens, an der Innenseite desselben, also an der Wundseite, ist keine Bündelzone neugebildet. Die Bündel der Aussenseite stehn oben mit der höhern Blatthälfte in Verbindung und haben gar keinen Sekundärzuwachs, 5 cm unter der obern Blatthälfte tritt eine plötzliche Verdickung des Streifens ein. Dieselbe beruht auf einem starken secundären Dickenwachstum in der Bündelzone der Aussenseite und in einer hier neugebildeten nach oben blind endigenden Bündelzone der Wundseite des Gewebestreifens. Beide Bündelzonen stehen sowohl mit einander als auch mit der des Hauptstammes in seitlichem Zusammenhang. In Figur 10 sieht man von oben auf einen durch diese verdickte Partie des die beiden Blatthälften verbindenden Gewebestreifens angefertigten Querschnitt und auf den etwas tiefer in der Achsel der untern Blatthälfte inserierten Ast. In der Richtung nach dem letztern nimmt das Sekundärholz an Dicke zu, nach oben keilt es sich, wie schon hervorgehoben, an beiden Seiten des Gewebestreifens ganz aus. Auf der Höhe des abgebildeten Querschnitts ist der Gewebestreifen 1 cm dick und das Holz der Wundseite 1800 μ, das der normalen Seite etwas weniger stark. Die Bildung dieses Sekundärzuwachses scheint mir hier hauptsächlich auf Rechnung des etwas tiefer stehenden Astes zu setzen zu sein.

Der 85 cm lange Achselspross ist, wie das bisweilen auch an den normalen Aesten vorkommt, bei den am Ende einer

Lamelle stehenden aber die Regel ist, in seinem untersten Teil infolge sehr starker Entwicklung des Holzkörpers kugelig angeschwollen. Der Durchmesser der kugeligen Anschwellung beträgt 2,4 cm, oberhalb der Anschwellung misst der Ast 1,4 cm. Der untere Teil der Anschwellung ist bis zur Mitte mit Kork bedeckt. Die Grenze nach der korklosen obern Partie ist scharf nnd bildet einen die Kugel umfassenden Kreis. Die Wundfläche der Lamelle ist fast ganz mit Kork bedeckt nur die obersten unverdickten 5 mm haben eine normale lebende Epidermis, die Grenze nach unten ist scharf und trifft mit dem Eintreten der Verdickung zusammen.

(Stummel). In ähnlicher Weise wie bei dem zuletzt geschilderten Exemplar findet sich bei einigen anders verletzten Pflanzen oberhalb eines Astes ein starkes Dickenwachstum.

Mitte Juli 1896 wurde einigen etwa $^1/_2$ m hohen Pflanzen, deren untere 3—4 Internodien ausgewachsen waren, die Gipfelknospe ausgeschnitten, sodass nur die untersten fünf Internodien mit den zugehörigen Blattpaaren stehn blieben. Die ausgewachsenen Anfang October geerndteten Pflanzen sind alle auffallend schwach, die Achselsprosse des obersten Blattpaares, bisweilen auch einige andere sind ausgetrieben und tragen kleine Blütenkörbe. Nur bei zwei dieser Pflanzen habe ich die Vernarbung der Querwunde untersucht. Bei der einen Pflanze ist der Stumpf des sechsten Internodiums sehr kurz. Er ist mit Kork bedeckt, unter demselben folgt eine 250 μ dicke unverholzte primäre Rinde, darunter eine 250 μ dicke sekundäre unverholzte Rinde und dann das 1,5 mm dicke gefässreiche Holz, dessen Elemente parallel zur Oberfläche aber sehr unregelmässig verlaufen. Diese Gewebe stehn mit den entsprechenden des Hauptstammes

und der beiden Endachselsprosse natürlich in direckter Verbindung.

Complicierter liegen die Verhältnisse bei der zweiten Pflanze. Hier ist der Stumpf etwa 1,5 cm lang. Das oberste Drittel ist nur 5 mm dick, kann also, da zur Zeit der Verletzung der Knospengrund nicht wesentlich dünner ist, nicht stark in die Dicke gewachsen sein. Weiter unten hat dagegen eine starke Verdickung stattgefunden, sodass ein cm tiefer mit 1,8 cm die Dicke des fünften Internodiums erreicht ist. Unter der fünf mm im Durchmesser messenden Wundfläche liegt ein bräunliches Gewebe, welches aus abgestorbenen Zellen und Kork besteht. Die folgenden 4—5 mm sind anscheinend nach der Verletzung weder wesentlich in die Dicke noch in die Länge gewachsen. Ein Zelle im mittlern Mark wird hier bis 35 μ hoch, zur Zeit der Verletzung ist am Grunde der Knospe das Maximum für diese Zellen 25 μ. Ebensowenig ist Verdickung und Verholzung der Elemente nach der Verletzung eingetreten: Wie am Grunde der Knospe zur Zeit der Verletzung sind nur die ältesten Spiralgefässe verholzt und etwas verdickt. Alle Zellen ausser einer centralen Partie im untern Mark sind im Herbst noch am Leben. Die fünf mm unter der Spitze einsetzende Verdickung des Stumpfes ist zum grössten Teil auf eine lebhafte Holzbildung zurückzuführen. Diese findet zwischen und ausserhalb der Primärholzgruppen der einzelnen Bündel statt. Oben beim Beginn der Verdickung ist auch die ganze periphere Markpartie, also auch die hinter den Bündeln liegenden Teile, verholzt und führt isolierte Gefäss- und Tracheidengruppen. Unten beteiligen sich auch Fasern an dem Aufbau des Holzes. Der Verlauf derselben ist wie der der Gefässe ein sehr verworrener. Etwa auf halber Höhe der verdickten Partie wird die

Lagerung der Fasern und Gefässe etwas regelmässiger, sie verlaufen meist horizontal und parallel der Oberfläche. Das ist jedoch nur in den beiden zur Ebene der beiden Achselsprosse senkrecht liegenden Abschnitten des Stummels der Fall. Schnitte, die die Achsen der Seitensprosse und des Hauptstammes in ihre Ebene aufnehmen, zeigen, dass das unten stark angeschwollene Holz der Seitensprosse nach oben in den Stummel umbiegt. Hier verlaufen die Elemente daher im wesentlichen schräg nach oben. Die in der Anlage vorhandenen Bastfaserbündel haben sich nur wenig weiter entwickelt. Verdickung ist fast gar nicht eingetreten, dagegen unten im Stummel eine ganz schwache Verholzung.

Bei diesen beiden Pflanzen bleiben also die Stummel am Leben und es findet in ihnen, wenigstens unten ein starkes Dickenwachstum statt, obwohl oberhalb sich keine Organe finden und der Fibrovasalkörper oben blind endigt.

Dieses Verhalten steht nicht im Einklange mit einer lange bekannten Thatsache. Wird das obere Ende eines Sprosses im Verlaufe eines Internodiums abgeschnitten, so stirbt das Internodium bis auf den nächst folgenden Knoten ab. Diese Beobachtung ist, so viel mir bekannt, nur an ausgewachsenen oder doch bereits stark verlängerten Internodien gemacht. Die sehr jungen Internodien von Helianthus erweisen sich nach obigen beiden Beobachtungen als lebensfähig und im untern Teil auch als sehr wachstumsfähig. Es liegt daher nahe den jugendlichen Zustand, in welchem sich die Internodien zur Zeit der Verletzung befanden, für ihr abweichendes Verhalten verantwortlich zu machen. Wie weit das zu verallgemeinern ist, müssen fernere Untersuchungen zeigen.

(Wundgewebe am Stichkanal). Bei allen einigermassen central getroffenen Pflanzen verläuft der Stich in seiner

untern Partie frei im Mark. Der Stich hat wie die freie Wundfläche durch das Längenwachstum der Stammteile, in welchen er verläuft, natürlich an Länge bedeutend zugenommen, sodass der ursprünglich nur wenige mm lange Kanal im Herbst 10—60 cm lang geworden ist. Durch das Dickenwachstum der in Frage kommenden Internodien ist auch die Weite des Stichkanals grösser geworden, oben misst er bei typischen Exemplaren etwa 4×2 mm. Auch seine Querschnittsform, welche ursprünglich schlitzförmig war, ist oft zu einem Oval verändert. Nach unten nimmt der Stichkanal an Weite ab, schon da auch die ursprüngliche Wunde an Weite abnahm.

Ebenso wie unter der frei liegenden Wundfläche sind auch unter der Oberfläche des mitten im Mark verlaufenden Stichkanals mehr oder minder normale Gewebe regeneriert, welche nur nach oben zu mit den gleichen Geweben der freien Wundfläche in direkter Verbindung stehn, aber seitlich von den normalen Geweben des Stammes durch abgestorbenes Mark getrennt sind und unten blind im Mark endigen.

Im obern Teil des Stichkanals müssen die gleichen Bedingungen für die Regeneration geherrscht haben wie am untern Teil der freien Wundfläche, denn die Gewebe der letztern erfahren bei ihrem Uebergange in den Stichkanal keine Veränderungen, welche nicht der allgemeinen Abnahme der Regenerationsfähigkeit entsprächen. Dasselbe gilt auch von den untern Teilen des Stichkanals, doch kommen hier callöse Wucherungen von oft bedeutender Ausdehnung hinzu, zum Teil schon bedingt durch den grössern Feuchtigkeitsgehalt der Luft des untern Teils des Stichkanals. Dass der blosse Unterschied des Feuchtigkeitsgehaltes der umgebenden Luft genügt, an Stelle von Kork einen Callus hervorzurufen, wurde von Tittmann nachgewiesen. (49).

Alle Pflanzen, welche an der freien Wundfläche eine stärkere Regenerationsfähigkeit zeigen, also die meisten Pflanzen von 1895 und 1896, sowie einzelne von 1894 haben auch am Stichkanal ein bedeutendes Wundgewebe entwickelt.

Eine der Pflanzen von 1896, bei welcher die Verhältnisse am Stichkanal besonders günstig liegen, ist 2.85 m hoch und unten 2,5 cm dick. 1.60 m hoch beginnt der Stichkanal und verläuft 55 cm lang ganz frei im Mark, welches in bedeutender Erstreckung abgestorben und verfault ist, sodass der Stichkanal mit seinen Wundgeweben leicht frei präpariert werden kann. Die Neubildungen legen sich in Form eines Cylindermantels um den Stichkanal, unten ist die Querschnittsform derselben etwa eine kreisrunde, oben mehr eine eliptische. Die Dicke des Gewebestranges nimmt von oben nach unten ab, unten beträgt sie weniger wie ein mm, oben misst der grösste Durchmesser über fünf mm. Der Verlauf des Stranges ist ein fast gerader, nur unten finden sich geringfügige Krümmungen. Das gleiche gilt von den einzelnen Bündeln und ihren Elementen. Die obersten 5 cm der Stichkanalgewebe legen sich seitlich an den normalen Bündelring an, ohne dass zunächst die Cambiumzonen in Verbindung träten. Das findet erst wenig unter 2.20 m statt, wo der Stichkanal in einen seitlichen Spalt übergeht. 2.40 m hoch teilt sich der Stamm, der eine Teilstamm ist 45 cm lang, der andre 25 cm. Beide tragen Köpfchen, welche deutlich die Spuren der Verletzung zeigen. Trotzdem hiernach die Verletzung der Pflanze nach Anlage der Blütenkörbe stattgefunden hat und trotzdem ausser den obersten Deckblättern neue Organe an der Wundseite nicht gebildet sind, ist die Regeneration überall eine recht gute. Da die regenerierten Gewebe der freien

Wundfläche nichts neues bieten, will ich nur einen etwa 3,5 cm über dem obersten Ende des Stichkanals angefertigten Querschnitt beschreiben, um einen Vergleich mit den Geweben des Stichkanals zu ermöglichen.

Wie immer an der untern Partie der freien Wundfläche ist auch hier (Abb. 11) die Epidermis weder mit Spaltöffnungen noch mit Borsten oder Haaren versehn. Durch zahlreiche Längswülste und Korkbildungen, die einen grossen Teil der Oberfläche einnehmen, wird ihr Aussehen ein unregelmässiges. Das Collenchym, welches an der normalen Seite etwa 150 μ dick ist, misst hier höchstens 130 μ, meistens ist es aber dünner, 60 μ dicke Stellen sind nicht selten. Die parenchymatische unverholzte Mittelrinde, welche an der normalen Seite, obwohl oft collabiert, 250—300 μ dick ist, misst an der Wundseite 100—200 μ. Die Bündelzone besteht aus den Markstrahlen und 35 500—900 μ dicken 100—300 μ breiten Bündeln. Die Bündel der normalen Seite werden viel grösser, ihre Dicke erreicht oft 2000 μ, ihre Breite bis 550 μ. Während Grösse und Zusammensetzung der normalen Bündel sehr schwankt, sind auffallender Weise die regenerierten Bündel alle etwa gleich gross und gleich zusammengesetzt. Die äussern Fasersicheln sind 80—120 μ dick und 150—250 μ breit, sind also wesentlich kleiner wie im normalen Bündelring, wo 500 μ dicke Faserstränge öfter vorkommen. Ebenso ist auch der Weichbast wesentlich kleiner wie normal. Primärholz, welches auf dieser Höhe normal oft 500 μ dick wird, fehlt keinem regenerierten Bündel, doch erreicht es selten 100 μ, meist ist es wesentlich kleiner und besteht nur aus wenigen Elementen. Innre Fasersicheln sind an der Wundseite selten und von sehr geringer Ausdehnung. Das Sekundärholz ist in allen regenerierten Bündeln etwa gleich

stark entwickelt, es erreicht mit 550 μ fast das Maximum der normalen Seite. Seine Zusammensetzung ist fast die normale, nur seine Gefässe sind enger. Die Markstrahlen sind breiter wie normal und stets durch Auftreten zahlreicher Tangentialwände sekundär verändert. Der sekundäre Interfascicularzuwachs ist zum grossen Teil parenchymatisch, seltener sind aus kurzen Fasern bestehende Complexe vorhanden. Der Rindenstrahl ist nicht sekundär verändert, er besteht also aus verhältnismässig weitzelligem, verholztem Parenchym.

Der Stichkanal hat oben eine gestreckt rundliche Querschnittsform und einen Durchmesser von 2,0×3,5 mm. Nach unten nimmt seine Weite allmählig ab, 30 cm tief beträgt sie noch 1×2,5 mm, etwas tiefer tritt vollständiger Verschluss durch callöse Wucherungen ein.

Die Lagerung des Wundgewebes ist unter der Oberfläche zunächst genau dieselbe, wie unter der freien Wundfläche, im untersten Teil, wo der Stichkanal ganz geschlossen ist, geht der Bündelring allmählig in mehrere concentrische Bündel über. Die Zusammensetzung der Wundgewebe ändert sich mit zunehmender Tiefe in gleichem Sinne, wie unter der freien Wundfläche. Die inneren Fasersicheln verschwinden bald ganz, länger bleiben die äussern erhalten, sie werden nach unten merklich kleiner und verschwinden schliesslich ebenfalls. 35 cm tief sind von den 35 Faserbündeln noch 6 kleine aus wenigen Fasern bestehende erhalten. 40 cm tief fehlen auch diese. Ebenso nehmen die Primärholzgruppen an Zahl ab, doch gehn einige durch die concentrischen Bündel fast bis zum untersten Ende des Stichkanals. Das gleiche gilt von den Weichbastteilen, zum grossen Teil verschwinden sie, bevor unten concentrische Bündel auftreten, die meisten concentrischen Bündel führen auch ganz

unten noch einen kleinen Siebteil. Das Sekundärholz nimmt wie an der freien Wundfläche und im normalen Stamm nach unten zunächst an Dicke zu. 20 cm tief erreicht es mit 900 μ ein Maximum, welches das an der normalen Seite dieser Höhe erreichte um 100 μ übertrifft. Diese Grösse bleibt eine Strecke lang erhalten, dann tritt eine langsame, später, während des Ueberganges des Bündelkreises in mehrere concentrische Bündel, eine schnellere Abnahme der Dicke ein. 40 cm tief ist das Sekundärholz noch 750 μ dick, 5 cm tiefer beträgt die grösste Dicke in den concentrischen Bündeln 250 μ, wenig tiefer nur noch 130 μ. Das Wundholz besteht überall, auch noch in den concentrischen Bündeln, wie normal aus einer Grundmasse langer Fasern mit eingestreuten Gefässen, welche aber stets enger wie normal sind. Oben am Stichkanal messen sie höchstens 100 μ, normal öfter 130 μ, nach unten verändert sich dies Verhältnis noch zu Ungunsten des Wundholzes. Die Epidermis ist oben im Stichkanal ebenso wie unten an der freien Wundfläche oft durch Kork ersetzt. In dem mittleren Teil des Stichkanals treten in Epidermis und den äussersten Rindenschichten callöse Wucherungen auf, welche nur dünnschichtig bleiben. Unten im Stichkanal ist dagegen gar keine Epidermis angelegt, durch starke callöse Wucherung, ganz unten vielleicht auch durch direktes Verwachsen der ganz nahe zusammenliegenden Wundränder, ist der Stichkanal hier frühzeitig geschlossen. Man findet daher in diesen Teilen nirgends einen färbbaren Rest einer Cuticula, welche, wenn einmal gebildet, auch wenn später Verwachsung eintritt, erhalten zu bleiben pflegt. Das Collenchym bleibt etwa 20 cm weit wie bei Beginn des Stichkanals 60—130 μ dick, weiter unten ist seine Ausdehnung nicht genau festzustellen, da es erst durch Kork-

bildungen, tiefer unten, durch callöse Wucherungen sekundär verändert ist. Die Dicke der parenchymatischen unverholzten Rinde beträgt noch 42 cm tief, wie dicht unter dem Beginn des Stichkanals 100—200 μ, meist erscheint sie durch callöse Wucherungen dicker.

Es sind nämlich bei unserm Exemplar inmitten der Rinde verhältnissmässig spät callöse Wucherungen entstanden, welche eine eingehendere Besprechung erfordern. In der obern Hälfte des Stichkanals ist an vielen Stellen der mittlere Teil der parenchymatischen Rinde oft in bedeutender tangentialer Erstreckung abgestorben, sodass die innern und äussern am Leben gebliebenen Rindenschichten nur durch schmale Brücken lebenden respective unveränderten Rindengewebes mit einander verbunden sind. Dadurch dass die abgestorbenen Zellen verschrumpften, wurden Hohlräume gebildet, welche zu Neubildungen Veranlassung gaben. Oben im Stichkanal sind diese Hohlräume erhalten geblieben, nur an einzelnen Stellen stülpen sich die angrenzenden Zellen callös vor.(Abb. 12.)

Tiefer unten sind die Neubildungen von grösserer Ausdehnung, füllen die Hohlräume ganz aus und verbreitern durch Wucherung die Rinde bedeutend. Nirgends ist jedoch in diesen callösen Wucherungen Holz oder holzähnliches Gewebe entstanden, sie sind stets bei dieser Pflanze parenchymatisch und unverholzt. Die Bildung des Callusgewebes geht hauptsächlich von denjenigen Wundflächen aus, welche den Stichkanaloberflächen parallel liegen und findet in der bekannten Weise durch Vorstülpen der beteiligten Zellen und späteres Auftreten von Querwänden statt. Ziemlich viele Zellen, welche an der Oberfläche der Höhlung liegen, nehmen nicht an dem Wachstum Teil. Es entstehn dadurch Hohlräume, welche

durch Eigenwachstum der benachbarten Calluszellen eingeengt oder ausgefüllt sind.

Von grösserer Bedeutung für die Verengung des Stichkanals werden diese rindenknollenartigen Bildungen erst 25 cm unter dem Beginn des Stichkanals. Derselbe ist hier von gestreckt rundlicher Querschnittsform, die Epidermis und die äussern Schichten des Collenchyms sind an wenigen Stellen erhalten, meist durch Kork ersetzt. Parallel den beiden längern Seiten liegt in der Rinde je ein mächtiges bis 1 mm dickes callöses Gewebe, welches von den erhaltenen Innenschichten bis zu den unveränderten Aussenschichten der Primärrinde reicht, die Rinde durch ihr starkes Wachstum verbreitert und somit den Stichkanal verengert. Das callöse Gewebe besteht aus senkrecht zur Stichkanaloberfläche verlaufenden Zellreihen, zwischen welchen sich mehr oder minder grosse Intercellularen finden. Danach muss das Wachstum der Zellen ein sehr regelmässiges gewesen sein, was auffallend ist, da bei den analogen Bildungen der normalen Rinde (s. u.) der ausfüllende Callus immer sehr unregelmässig gebaut ist. An den schmalen Seiten des Stichkanals haben callöse Wucherungen nicht oder nur wenig stattgefunden. Die Bündel sind auf diesem Querschnitt zu einem regelmässigen Oval angeordnet, das Sekundärholz erreicht hier mit 900 μ seine maximale Dicke.

10 cm tiefer, also 35 cm unter dem Beginn des Stichkanals, beträgt die Dicke des um den Stichkanal gelagerten Gewebestranges 3 mm (Abb. 13.) Die Wunde ist hier bis auf geringfügige Lücken ganz geschlossen und zwar haben den Hauptanteil an dem Verschluss mächtige callöse Wülste, von welchen sich auf einem Querschnitt ein oder zwei finden. Der übrige Teil der Gewebe ähnelt in seiner Lagerung und teilweise auch in seinem Bau den höher gelegenen

Querschnitten. In Epidermis und den äussern Schichten des Collenchyms haben überall callöse Wucherungen stattgefunden, welche ein schmales aus wenigen Zellreihen unverholzter parenchymatischer Zellen bestehendes Gewebe produciert haben. Dasselbe berührt meist mit seiner Aussenseite die grossen callösen Wülste, mit diesen fest verschmelzend oder kleine Lücken lassend. Die Aussenzellen haben nicht immer eine Cuticula. Die innersten Schichten des Collenchyms sind meist nicht callös verändert. Die parenchymatische unverholzte Mittelrinde ist 100—200 μ dick. Rindenwucherungen, welche oben von bedeutender Ausdehnung sind, treten hier sehr zurück, sie sind auf einige kleine Complexe unverholzten Parenchyms beschränkt.

Die Bündel sind auch hier noch zu einem regelmässigen Ringe angeordnet, welcher allerdings dort, wo ein grösserer Calluswulst aufsitzt, ebenso wie die Rinde eine Unterbrechung erfährt. Die Fasersicheln sind bis auf 6 sehr kleine ganz verschwunden. Ueberall liegen vor dem Holz kleinere aus wenigen engen Zellen bestehende Siebteilgruppen zwischen unverholzten radial angeordneten Sekundärrindenzellen. Das Sekundärholz erreicht hier höchstens 750 μ, es ist normal gebaut, nur die Gefässe sind enger wie normal. Kleine Primärholzgruppen liegen an der Markgrenze fast aller Bündel.

Auf dieser Höhe sind etwa $^3/_4$ der den Stichkanal umgebenden Gewebe wie geschildert gebaut, der Rest wird durch die starken callösen Wülste eingenommen. Hinter einem Teil dieser Wülste liegen concentrische Bündel mit innerm Siebteil, ein andrer Teil grenzt direkt an das Mark und scheint aus demselben gleichsam herauszuquellen. Das Sekundärholz der concentrischen Bündel ist wesentlich dünner wie in dem Bündelringe,

im letzern ist es etwa dreimal dicker. Die Calluswülste liegen bald auf dieser bald auf jener Seite des Stichkanals. Sie werden bis 2 mm lang und ragen weit in den Stichkanal, denselben ausfüllend oder doch nur kleine Lücken lassend, welche selten mit einander in Verbindung stehn. Eine eigentliche Epidermis ist im Wulst ebenso wenig wie in den dünnen Callusbildungen dieser Höhe immer vorhanden, die Aussenzellen verhalten sich wie dort. Nirgends sind collenchymatisch verdickte Zellen im Callus ausgebildet worden. Dagegen liegen ausserhalb des der Gefässbündelzone entsprechenden Teils des Callus unverholzte parenchymatische Zellen in wechselnder aber immer geringer Menge, sie sind als Primärrinde des Callus zu bezeichnen. Die der Bündelzone entsprechende Partie besteht in manchen Fällen nur aus einer dicken Schicht verholzten nicht cambialen Parenchyms, welches den Gruppen gleichfalls nicht tangential geteilter aber verholzter Zellen entspricht, welche an der freien Wundfläche bei schwacher Regeneration den Bündelring vertreten. (pag. 65 f.) Meistens hat sich aber frühzeitig im Callus ein Cambium differenziert, welches nach innen eine dicke Holzschicht, nach aussen eine dünne aus radial geordneten engen unverholzten Zellen bestehende sekundäre Rinde gebildet hat. Das Callusholz wird 500—600 μ dick, es besteht aus einer Grundmasse von verholzten Parenchymzellen, welche selten prosenchymatiche Zuspitzungen erhalten. An andern Stellen herrschen jedoch echte Fasern vor, welche auf Querschnitten durch stärkere Wandverdickung der Zellen kenntlich sind. Grössere Gefässe fehlen im Callusholz ganz, häufiger, aber auch nicht zahlreich, sind Gefässe von der Weite des Parenchyms. Hinter dem ältesten Holz, mantelförmig von diesem umgeben, liegen in den meisten Calluswülsten einige paren-

chymatische verholzte oder auch unverholzte Zellen, das Callusmark. An allen Seiten schliesst sich das Calluscambium an das des Bündelringes an, das Cambium wölbt sich daher auf Querschnitten und radialen Längsschnitten weit in den Calluswulst vor.

(Abbildung 14.) 10 cm tiefer, also 45 cm unter dem Beginn des Stichkanals, ist der regenerierte Gewebestrang nur noch 1,5 mm dick. Er besteht aus fünf concentrischen Bündeln mit innerm Siebteil, welche zu einem abgeflachten Cylindermantel angeordnet sind. Zwischen den einzelnen Bündeln und in der mittleren Partie des Cylinders liegt ein enges Parenchym, welches in der Umgebung der Bündel verholzt ist. Auf dem Querschnitt sind die Bündel zu einem gestreckten Ringe angeordnet, in der Richtung der längsten Achse liegt ein nur bis 200 μ dickes, 1 mm breites unverholztes parenchymatisches Gewebe. Die Zellen dieses Gewebes und die die Bündel umgebenden verholzten Parenchymzellen werden etwa 50 μ weit.

Drei Bündel sind 400—600 μ dick, die beiden andern nur 250—300 μ, ein sechstes kleines Bündel ist nicht concentrisch, es besteht aus wenig Primärholz und Sekundärholz und hat keinen Siebteil. Die Siebteile sind bis 100 μ dick, in einigen Bündeln sehr klein. Das Holz besteht aus einem faserhaltigen gefässführenden Sekundärholz und einem kleinen Primärteil. Ersteres ist wesentlich dünner wie 10 cm höher, es misst hier nur noch 150—250 μ, seine grössten Gefässe sind 70 μ dick. Das Primärholz besteht aus einigen Spiralgefässen, welche in unverholztem oder verholztem engen Parenchym liegen. Beide Holzarten scheinen somit normal gebaut zu sein. Die Aussenseite der concentrischen Bündel, das heisst der an dem normalen Mark der Pflanze gelegene Teil derselben, ist stets vor der Innenseite bevorzugt. Einmal

liegt stets an der Aussenseite Primärholz, ausserdem ist auch das Sekundärholz hier etwas dicker und die Mehrzahl grösserer Tüpfelgefässe liegt an dieser Seite.

Der Uebergang des Bündelringes in mehrere concentrische Bündel geht so vor sich, dass das Holz von zwei einander gegenüberliegenden Calluswülsten (Abb. 13.) tiefer unten sich vereinigt, dass etwas tiefer sich Mark zwischen das Holz senkrecht zur Vereinigungsfläche einschiebt. Dadurch entstehn zwei Bündelkreise, deren Rindenteile nach unten sich bald auskeilen, sodass nur noch Siebteil vom Holzringe umschlossen wird. Die beiden entstandenen concentrischen Bündel, respective schon die beiden Bündelkreise, können sich in ähnlicher Weise wieder teilen.

10 cm höher hat der Stichkanal bei Anlage und Ausbildung von Rinde und Bündelring als freie Oberfläche gewirkt, dagegen nicht immer bei der Ausbildung der die Epidermis vertretenden Aussenzellen, denn dieser fehlt oft die Cuticula. Auf der zuletzt geschilderten Höhe dagegen hat der Stichkanal früher aufgehört, als freie Oberfläche zu wirken. Es sind Primärholz und die ältesten Teile des Sekundärholzes allerdings zum Stichkanal als neuer Oberfläche gelagert, die jüngern Bündelteile nicht mehr. Concentrische Bündel mit innerm Siebteil finden sich bei Helianthus stets nur im Mark, nicht in der Rinde. So kann man auch in diesem Falle das von den concentrischen Bündeln eingeschlossene Parenchym als markähnliches Gewebe auffassen und die Bündel als im Mark gelegen betrachten. Anatomisch würde das Gewebe dem engzelligen an den Bündeln gelegenen peripheren Mark gleichzustellen sein.

Nach unten zu nehmen die concentrischen Bündel schnell an Grösse ab. 8 cm tiefer sind sie durch eine geringe Anzahl sehr enger Spiralgefässe und sehr wenige

schwach verholzte Parenchymzellen ersetzt, welche um eine kleine Gruppe enger unverholzter Parenchymzellen in Ringform gelagert sind. Ob in diesem Gewebe auch Siebteile noch vorkommen, habe ich nicht untersucht. Die Dicke des regenerierten Gewebestranges beträgt hier nur noch 350 μ. Wenig tiefer verschwinden die verholzten Elemente ganz, das enge Parenchym geht bald in grosszelligeres normales Markgewebe über.

Bei der geschilderten Pflanze von 1896 sind also am Stichkanal die Wundgewebe in weiter Erstreckung ziemlich normal regeneriert. Bei einigen andern Pflanzen von 1896 und einem Teil der Pflanzen von 1895 hat die Regeneration am Stichkanal in ähnlicher Weise stattgefunden. Es sind das die besser regenerierten Pflanzen, bei welchen am untern Teil der freien Wundfläche in fast allen Bündeln Primärteile regeneriert sind. Callöse Wucherungen finden sich bei ihnen in der Mittelrinde nicht, dagegen verläuft die Cambiumzone nur bei wenigen dieser Pflanzen noch in so beträchtlicher Tiefe, wie bei dem geschilderten Exemplar, in einem regelmässigen Oval, sich in etwa gleicher Entfernung vom Stichkanal haltend. Bei dem Gros der Pflanzen sind solche Ausbuchtungen, wie wir sie schon für den untern Teil der freien Wundfläche zu verzeichnen hatten, (pag. 71 ff.) häufig. Wie dort entwickeln sich die ältern Bündelteile, welche durch das Vorschieben der Cambiumzone in markähnliches Gewebe zu liegen kommen, auch hier zu concentrischen Bündeln oder kleinen Bündelkreisen. (Abb. 8.) Die Lage der ältern und jüngern Bündelteile, sowie die Verschiedenheit im Bau derselben, sind bereits bei Behandlung der freien Wundfläche beschrieben. Weit über die Oberfläche ragende, mit nicht collenchymatisch verdickter Primärrinde, einer aus Sekundärrinde und Sekundärholz bestehenden

Bündelzone und etwas Mark sich zusammensetzende Calluswülste, wie sie bei dem beschriebenen Exemplar von 1896 auf gewisser Höhe den Verschluss des Stichkanals bewirken, kommen bei diesen Pflanzen selten vor. Kleinere aus wenigen Zellen bestehende callöse Wucherungen sind dagegen häufiger. Eine Verengung des Stichkanals findet bei diesen Pflanzen lediglich durch starkes Dickenwachstum in der Bündelzone statt.

Die Rinde ist bei den wenigen mit regelmässig verlaufendem Cambium versehenen Pflanzen oft in einer wenig hinter der normalen zurückbleibenden Dicke ausgebildet. Durch das Vorschieben der Cambiumzone wird sie bei den meisten Pflanzen stark verschmälert, bisweilen besteht sie nur aus 2—3 Reihen Collenchym. Im Uebrigen verhalten sich alle Gewebe wie bei der geschilderten Pflanze von 1896. Das Maximum des Sekundärzuwachses der Bündelzone kann natürlich oberhalb des Stichkanals unter der freien Wundfläche, oder im obern Teil des Stichkanals liegen. Im ersten Fall würde am letzten nur eine Abnahme der Gewebe stattfinden, im zweiten eine Zunahme und dann eine Abnahme. Bei den meisten dieser Pflanzen schliesst sich unten wie bei den beschriebenen Exemplar der Stichkanal frühzeitig, und es liegen dann in einem engzelligen Gewebe mehrere concentrische Bündel, deren Anordnung die Form des ursprünglichen Stichkanals erkennen lässt. Etwas weiter unten fallen die concentrischen Bündel fort, es bleiben nur noch einige zerstreute Spiralgefässe, enge Tüpfelgefässe und verholzte Parenchymzellen in einem engzelligen unverholzten Parenchyms erhalten.

Bei den wenigen starkwüchsigen Pflanzen von 1894 und einigen schwachwüchsigen oder in einen ältern Zustande verletzten Pflanzen von 1895 reicht das Primärholz nicht oder an nur wenigen Stellen in den Stichkanal hinab.

Die Gewebe sind im obern Teil des Stichkanals wie am untern Teil der freien Wundfläche gebaut (pag. 86). Der Verlauf der Bündel und seiner Elemente kann in manchen Fällen noch unregelmässiger sein wie dort. Da das Maximum des Sekundärzuwachses bei diesen Pflanzen sich gewöhnlich schon an der freien Wundfläche findet, nehmen im Stichkanal alle Gewebe nach unten ab. Auch hier ist unten der Stichkanal geschlossen und es findet sich an Stelle eines einheitlichen Bündelkreises eine Anzahl von concentrischen Bündeln, welche im untersten Teil wieder fehlen und durch wenige in einem unverholzten engen Parenchym liegende verholzte Elemente ersetzt werden.

Die meisten Pflanzen von 1894 sind schwachwüchsig und spät verletzt. Der Stichkanal ist daher, da die Internodien nach der Verletzung wenig wuchsen, kurz und eng geblieben. Im obern Teil des Stichkanals ist der Bau der Gewebe zunächst derselbe, wie am untern Teil der freien Wundfläche. Nach unten zu nehmen alle Gewebe langsam an Dicke ab. Schon ziemlich hoch oben treten oberflächliche callöse Wucherungen auf, welche aus wenigen verholzten grossen Parenchymzellen bestehn und tiefer im Stichkanal denselben ganz verschliessen. Unverholzte Primärrinde ist an wenigen Stellen unverändert erhalten, meist ist sie verholzt und durch tangentiale Teilungen sekundär verändert. Nur einzelne kleine Siebteile sind vorhanden. Das Holz besteht nur aus einem einige 100 μ dicken parenchymatischen Sekundärholz, in welchem Fasern und einige Gefässe vorkommen, aber selten sind. In Rinde und Holz ist die Anordnung in Radialreihen oft durch stärkeres Wachstum einzelner Gruppen gestört, die Radialreihen verlaufen schräg gegen die Oberfläche. Zur Bildung concentrischer Bündel ist es meist nicht gekommen, ganz

unten bildet ein oft verholztes, oft auch unverholztes Parenchym den Beschluss der Wundgewebe.

Natürlich finden sich zwischen diesen drei Gruppen von Pflanzen mannigfache Uebergänge. Auch an verschiedenen Stellen desselben Querschnitts ist der Bau der Wundgewebe nicht gleich. Zum Beispiel findet sich an der einen Stelle ein faserhaltiges Sekundärholz von regelmässigem Verlauf, an einer andern Stelle desselben Querschnitts hauptsächlich Parenchym oder kurze Fasern haltendes Holz von unregelmässigem Verlauf. Der Grund ist nur in wenigen Fällen ersichtlich. Setzen sich die Wundgewebe eines sehr dünnen holzarmen Teilstammes und eines dicken holzreichen Hauptstammes in die Wundgewebe des Stichkanals fort, so kann an der Seite des dünnen Teilstammes stellenweise die Bündelzone sehr reduciert sein, zum Beispiel nur aus einigen verholzten Zellen bestehn, während an der gegenüberliegenden Seite, welche mit dem stärkern Teilstamm in Verbindung steht, Siebteile und ein millimeterdickes Sekundärholz liegen.

Bei einigen schwächern Pflanzen von 1895 tritt fast direkt unter dem obern Ende des Stichkanals ein Verschluss der Wunde durch callöse Wucherung ein, während der untere Teil des Stichkanals unverschlossen bleibt. Bei einer dieser Pflanzen messen dicht unter dem Ausgange des Stichkanals die Gesammtneubildungen 8×7 mm. Auf das normale weitzellige Mark folgt in der Richtung nach dem Stichkanal ein engzelliges ebenfalls unverholztes Mark, in welchem an einigen Stellen vereinzelte Spiral-, oder Tüpfelgefässe und einige kleine concentrische Bündel liegen. Innerhalb folgt in Kreisform um den Stichkanal gelagert die Bündelzone und die Rinde. Das Cambium der Bündelzone ist also auch hier frühzeitig vorgeschoben.

Die äussern Rindenschichten sind gleichmässig callös

gegen den Stichkanal vorgewachsen, die äussern Callusschichten bestehn aus Kork. Durch die Callusbildung und das starke Dickenwachstum in der Bündelzone — das Sekundärholz misst hier 2 mm — ist schon hier der Stichkanal stark verengert. Schon 1,5 cm tiefer kommen aus tiefern Schichten entstehende Calluswülste hinzu und verschliessen den Stichkanal ganz. Da hier die Calluswülste auch mit einer Bündelzone versehn sind, welche mit dem Hauptbündelringe im Zusammenhange steht, liegen die Verhältnisse genau wie bei dem Exemplar von 1896 (pag. 90 ff. Abb. 13) nur dass der Verschluss viel höher am Stichkanal eingetreten ist. 3 cm tiefer schliesst sich das Callusholz mit dem Holz des an mehreren Stellen von den Calluswülsten durchbrochenen Bündelringes zu mehreren concentrischen mit dickem Holz versehenen Bündeln zusammen. Diese werden mit zunehmender Tiefe schnell kleiner und werden etwa 15 cm unter dem Beginn des Stichkanals zum grossen Teil durch einzelne Gefässe oder Holzgruppen ersetzt. Schon auf dieser Höhe ist der Stichkanal wieder teilweise offen, wenn auch durch lockre callöse Wucherungen verengert, welche meist nur aus Oberflächenzellen, teils auch mit aus tiefer gelegenen Schichten ihren Ursprung nehmen. Im letzten Falle grenzt der Callus oft direkt an das Mark und ragt in den Stichkanal weiter hinein wie der oberflächlich entstandene Callus. Bildung und Bau des Callus entsprechen der von Vöchting (44.) hierüber pag. 117 ff. gegebenen und durch Tafel X Figur 1—7 erläuterten Beschreibung.

In den Stichkanal ragende Zellfäden sind häufig. Einmal fand ich einen zwei mm langen aus 12 Zellen bestehenden einreihigen Zellfaden, welcher in gerader Richtung eine Ecke des Hohlraumes durchquerte und mit beiden Seiten in Zusammenhang stand. Kork fehlt über-

all und auch eine Cuticula ist nur stellenweise und dann meist nur schwach entwickelt vorhanden. Die Reaktion mit Schwefelsäure wurde nicht gemacht, dagegen die Tinktion mit Fuchsin, wodurch sowohl verkorkte wie auch cutinisierte Membranen rot gefärbt werden. An mehreren Stellen fand ich knötchenartige Verdickung der Cuticularstellen, wie sie J. F. A. Mellink (29.) bei callösen Zellen von Nymphäa fand. Diese Zellen gleichen dann ganz den von jenen abgebildeten. Die Zellen des aus Oberflächenschichten entstandenen Callus sind immer zartwandig und unverholzt, Holzbildung ist auf die wenigen grösseren aus tiefern Zellschichten entstandenen Calluswülste beschränkt. Das Holz derselben ist entweder eine Gruppe nicht cambial entstandener verholzter Zellen, welche den pag. 65 ff. angeführten entsprechen, oder es ist cambialer Natur. Der grössere Teil der nicht cambialen Zellen ist mit wenig zahlreichen runden Poren versehn und wird als Parenchym anzusprechen sein, andre enge stark verdickte mit Spitzenwachstum versehene als Fasern. Andre haben zahlreiche Hoftüpfel und sind als Tracheiden oder Gefässglieder ausgebildet. Alle diese Zellformen können in kleinen Gruppen auch direkt unter der Oberfläche des Stichkanals oder solcher Lücken vorkommen, welche oft durch nicht vollkommenen Zusammenschluss benachbarter Calluswülste entstanden sind. Fasern, Tracheiden und Gefässe kommen hauptsächlich an den engen Höhlen vor, Parenchym an den weitern.

Solche Zellen, welche frei in einen Hohlraum hineinragen, sind an dem freien Ende mehr oder weniger keulig angeschwollen, wie das für solche Zellen des Callus bekannt ist. Dass Tracheiden direkt an Hohlräumen grenzen können und dann oft wie „Thermometerkugeln“ angeschwollen in dieselben hineinragen, fand Haberlandt

für Gefässbündelendigungen der Blätter bei Euphorbiaarten (16 pag. 63.) von Fuchsia, Secale cereale, Avena sativa und Zea Mays. (17. p. 37. u. a.)

Die cambialen Neubildungen bestehn aus einem bisweilen Gefässe führenden Holz mit kurzfaseriger oder parenchymatischer Grundmasse. Die Bündel sind in vielen Fällen concentrisch gebaut, das Holz der Markseite ist bei ihnen wesentlich stärker, wie das der Stichkanalseite. Die Gefässglieder schliessen unregelmässig an einander, oft werden ringförmige Gruppen, wie sie Vöchting (44. Tafel X. Fig. 10) reproduciert, gebildet. Diese cambialen Produkte liegen meist im Innern des Callus, können aber ebenfalls an seine Oberfläche zu liegen kommen. Ebenso wie das normale Holz mit dem Mark durch eine Uebergangszone engen verholzten Parenchyms verbunden ist, bildet auch hier ein enges verholztes Parenchym die Grenzschicht zwischen Mark und Bündel. Gewöhnlich sind es diese Zellen nur, welche bisweilen an die Oberfläche des Callus zu liegen kommen können, seltener auch andre Elemente des Bündels. Sowohl die cambial wie die nicht cambial entstandenen Zellen sind zu einigen wenigen meist kleinen nicht mit einander in Verbindung stehenden auch nach oben und unten isolierten Gruppen vereinigt, welche man daher kaum als Bündel bezeichnen kann.

Jegliche Holzbildung fehlt dem aus wenigen Oberflächenschichten entstandenen dünnen Callusbelag, welcher den grössten Teil der Wunde bedeckt. Hinter diesem dünnen Callus folgt eine nur 300 μ dicke Schicht enger unverholzter Zellen, welche dort, wo grössere Calluswülste liegen, oft fehlt, da sie an der Bildung der letzteren meist Teil genommen hat. Diese Schicht unverholzter enger Zellen ist der primäre Callus, dessen Bildung, wie in der Entwicklungsgeschichte gezeigt wurde, überall die erste

Reaktion auf die Verletzung ist. Auch in ihm kommen auf dieser Höhe noch Holzbildungen vor. Meist sind es nicht cambiale, seltener cambiale kleine Gruppen von verholzten Zellen. Die meisten Zellen sind, auch wenn sie nicht cambial entstanden sind, Tüpfelgefässe oder Tracheiden, verholztes Parenchym, welches sonst den Bündelring so oft ersetzt, ist hier merkwürdiger Weise selten. Fasern fehlen ganz. Auch diese Gruppen stehn meist nicht mit einander in Verbindung, sondern liegen ganz isoliert im Primärcallus.

5 cm tiefer beträgt die Weite der Höhlung 3×6 mm. Der Primärcallus hat hier nur wenig Veränderungen erfahren. Seine Oberflächenzellen sind meist callös in den Hohlraum vorgestülpt, grössere Calluswülste und irgend welche Holzbildungen fehlen vollständig.

Nach unten zu bleiben diese Verhältnisse ganz gleich, nur verengert sich der Stichkanal und hört schliesslich ganz auf. Ungefähr 20 cm tiefer bilden wie immer enge unverholzte Zellen den Beschluss der Wundgewebe.

Bei dieser und einigen ähnlichen Pflanzen ist der Stichkanal hoch oben verschlossen und zwar in ganz gleicher Weise, das heisst durch holzführende sekundäre Calluswülste, wie bei der oben geschilderten Pflanze tief unten im Stichkanal. (pag. 90. Abb. 13.) Etwas tiefer unten öffnet sich der Stichkanal wieder, aber eine eigentliche Bündelzone findet sich nicht mehr. Da es unwahrscheinlich ist, dass die Gewebe hier so wenig regenerationsfähig sind, da direkt darüber, in nächster Nähe, so starke Neubildungen entstanden sind, muss man als Ursache für die Geringfügigkeit der Reaktion wohl das Aussetzen des Oberflächenreizes ansehen, welches durch den frühzeitig im obern Teil des Stichkanals eintretenden Verschluss der Wunde bewirkt wird. Dass der Verschluss

der Wunde frühzeitig stattfand, dafür spricht die Mächtigkeit des Holzes in den concentrischen Bündeln und das häufige Fehlen einer Cuticula in der untern Höhlung.

Wir haben also hier vollständig abnorme Verhältnisse, bedingt durch einen auf junge regenerationsfähige Gewebe wirkenden aber nur kurze Zeit anhaltenden Oberflächenreiz.

Rindenknollen bei Helianthus.

Als Anhang an die Beschreibung der Wundgewebe von Helianthus möchte ich das Ergebnis meiner Untersuchungen über Rindenknollen derselben Pflanze geben. Dieselben sind nicht gerade häufig, doch hat Herr Professor Berthold dieselben an verschiedenen Exemplaren der 1895er Rasse beobachtet, ohne sie anatomisch zu untersuchen. Mir stand nur ein starkes Exemplar zur Verfügung, welches ich im Herbst 1896 unter meinen Versuchsexemplaren fand. Die Pflanze, welche eine grosse Anzahl Rindenzellen trägt, ist mit andern Pflanzen dieses Jahres verletzt, die Wunde ist aber nur geringfügig, jedenfalls steht die Bildung der Rindenknollen in keiner direkten Beziehung zu derselben. Die Knollen treten als harte in der Richtung des Stammes gestreckte Höcker über die Stammoberfläche hervor und finden sich frei in der parenchymatischen Mittelrinde aller Teile des Stammes. Sie sind meist kürzer wie 5 mm, zuweilen auch länger, eine ist sogar 3 cm lang, ihre Breite ist stets bedeutender wie ihre Dicke und beträgt bis 3 mm. Wie alle in der Litteratur beschriebenen bestehn auch die Rindenknollen von Helianthus aus einem äussern sehr schmalen Siebteil und einem oft starken innern Holzkörper.

Günstig ist für die Beurteilung der Ursache der Knollenbildung, dass neben mächtig ausgebildeten Knollen, die sich besonders am untern Teil des Stammes finden, oben auch die Anfangstadien vorhanden sind. Alle untersuchten Rindenknollen von Helianthus scheinen infolge eines Wundreizes entstanden zu sein, welcher ausgeht von Hohlräumen, die in der parenchymatischen Mittelrinde im normalen Entwicklungsgange durch Absterben von Zellcomplexen und späteres Zerreissen sich bilden. Jedenfalls müssen aber auch andere Bedingungen gegeben sein, wenn es zur Rindenknollenbildung kommen soll, denn Rindenzerreissungen kommen bei Helianthus häufig vor, ohne dass Knollen gebildet werden. Ebenso haben auch bei diesem Exemplar durchaus nicht alle Rindenwunden zur Entstehung von Rindenknollen Anlass gegeben. Besonders schwach ist die Neigung, solche zu bilden, oben am Stamm, vielleicht einmal, weil hier überhaupt ein geringer Holzzuwachs stattfindet, dazu kommt aber jedenfalls noch, dass, gerade wie im Mark die ältesten untern Partien zuerst absterben, auch die parenchymatische Mittelrinde unten zuerst zum Teil abstirbt und deshalb sich unten früher Hohlräume bilden, oben später, dass also unten der Wundreiz früher einsetzt, wie oben.

Oben finden sich neben Hohlräumen, welche auf die umgebenden lebenden Zellen gar keinen Einfluss ausgeübt haben, solche, in welche die auskleidenden Zellen callös vorgestülpt sind. Bei andern findet ausser dem Wachstum auch eine mehr oder weniger lebhafte Teilung in den Nachbarzellen statt. Bei einem weitern Stadium ist es zur Bildung einer Cambiumzone gekommen, welche bisweilen die ganze Wunde umgiebt, in andern Fällen stellenweise fehlen kann. Bei schwächerer Regeneration treten cambiale Bildungen überhaupt nicht auf, es ver-

holzen dafür einige an die Höhlung stossende Schichten oder vereinzelte Zellen.

Diese ersten Anfangsstadien ausgenommen, ist die Wunde stets durch Callusbildung bis auf kleine Lücken geschlossen. Das ausfüllende callöse Gewebe ist bei schwächern und auch vielen stärkern Knollen im Innern als solches erhalten geblieben und ist durch die eigentümlich regellose Anordnung der Zellen leicht als callösen Ursprungs zu erkennen. Es ist immer verholzt und gehört nach obigem zum Holz. Dass diese Auffassung richtig ist, ist besonders bei stärkern Knollen evident, bei welchen in der innern parenchymatischen Partie Tüpfel- und Spiralgefässe eingestreut liegen. Diese innere callöse Partie des Knollenholzes kann bei starken Knollen auch fehlen. Die Höhlung wurde hier früh geschlossen, die ausfüllenden Zellen teilten sich in ihrer Gesammtheit cambial.

Den Hauptbestandteil der Knollen macht das Holz aus. Die Dicke der Holzschicht ist bei den verschiedenen Knollen verschieden und schwankt auch bei der einzelnen Knolle, oft erreicht sie ein mm.

Aussen- und Innenseite haben die dickste Holzschicht, zwischen den beiden ist meist kein grosser Unterschied, keineswegs ist eine dieser Seiten regelmässig bevorzugt. Etwas weniger Holz liegt meist an den Längsseitenflächen der Knolle, sehr viel weniger an Ober- und Unterseite. Das Holz wird stets von Markstrahlen in zur Knolle radialer Richtung durchzogen. Es ist verschieden zusammengesetzt. Bei der einen Knolle bilden parenchymatische, bei der andern faserartige stark verdickte Zellen die Grundmasse. Immer sind neben Tracheiden engere und weitere Tüpfelgefässe vorhanden, bei einigen auch spiralig und leiterförmig verdickte Gefässe.

Ebenso wie im normalen Bündel finden sich die letzteren und die weitesten Tüpfelgefässe in den ältesten hier innen gelegenen Schichten, die engen Tüpfelgefässe in den jüngern äussern Schichten der Rindenknolle. Tracheiden, Gefässglieder und Fasern haben oft die von Vöchting (44.), Krick (24.) und Mäule (28.) beschriebenen und abgebildeten unregelmässig gekrümmten Formen, die grössern Gefässe sind oft von kurz tonnenförmiger Gestalt.

Die Anordnung der Zellen ist nicht eine so regellose, wie es auf den ersten Anblick erscheint. Durch den mittleren Teil der Knolle angefertigte Querschnitte, und alle radial zur Achse der Knolle verlaufenden Längsschnitte zeigen, dass die Elemente des Holzes in Radialreihen angeordnet sind. Das Unregelmässige, Ungewohnte an diesen Schnitten ist, dass neben Radialreihen querdurchschnittener Zellen solche schräg- und solche längsgeschnittener Elemente vorkommen (Sorauer 38. Taf. XV. XVI ferner Krick 24). Andrerseits sind die nebeneinander gelegenen Elemente des Holzes zu Mantelflächen angeordnet, welche in einander geschachtelt sind, ungefähr die Form der Rindenknolle haben und sich im Wesentlichen, was Lagerung der Elemente anbelangt, gleichen. Auf einer solchen Fläche sind die Elemente, wie im Wundholz bei schwächerer Regeneration angeordnet, die Holzzüge sind stark geschlängelt und umgeben die auf den Tangentialschnitten mehr rundlichen Markstrahlen. Vöchting (44), später Mäule (28) und Krick (24) schildern für Wundholz und Rindenknollen wiederholt diesen unregelmässigen Verlauf und führen ihn auf die Polarität der Elemente zurück. Das Verständnis des auf den ersten Blick so unregelmässig erscheinenden Baues des Holzes ist nicht so schwer, wenn man im Auge behält, dass das Holz der Rindenknollen das Produkt einer

Cambiumzone ist, welche die Gestalt einer Sphäroidoberfläche hat.

Bei gleichmässigem Wachstum würde die ältere Holzschicht der aussen folgenden jüngern in Bezug auf Form der Elemente genau gleichen, wenn nicht einige bekannte Faktoren Verschiedenheiten hervorriefen. Einmal werden naturgemäss die äussern Schichten grösser wie die innern, dadurch bedingt sich eine Vermehrung der Zellen auf den äussern Mantelflächen, ähnlich wie im normalen Holz eine Vermehrung der Radialreihen in jüngern Schichten stattfindet. Ausserdem bilden sich die Produkte der gleichen Radialreihen, also schliesslich die Abkömmlinge der gleichen Mutterzelle, verschieden aus. Die eine Zelle wird zur Faser, die andre zur Parenchymzelle, eine Dritte zum Gefäss. Dieses Verhalten ist ein normales, sind doch auch im normalen Holz die Radialreihen ungleichartig zusammengesetzt. Dazu kommt, dass die Elemente des Holzes, besonders die Fasern, nach ihrer Anlage noch ein bedeutendes Eigenwachstum erfahren, sie drängen sich zwischen einander, ohne durch richtende Principien, die im normalen Bündel zur Geltung kommen, in bestimmte Bahnen gelenkt zu werden und ohne dass hier wie dort dieses Eigenwachstum durch das Wachstum des Organs teilweise compensiert wird. Die sich stark vergrössernden Elemente wachsen daher dorthin, wo sie gerade Platz finden oder sich von schwächern Elementen Platz erobern können. Alle diese Faktoren wirken dahin zusammen, dass eine Mantelfläche der andern nicht vollständig gleicht, sie lassen aber den den Mantelflächen gemeinsamen unregelmässigen Bau unerklärt. Dieser ist zurückzuführen auf die Unregelmässigkeit der ersten Cambiumzone selbst. Vöchting führt dieselbe auf die Polarität der Zellen zurück, möglicherweise ist auch der

unregelmässige Bau des Callus, in welchem sich die Cambiumzone bildet, bisweilen von Einfluss.

Auch der Weichbast hat, wie zu erwarten, einen ähnlichen unregelmässigen Bau, wie das Holz. Er ist immer nur dünn und ist nicht näher untersucht worden. Echte Bastfasern fehlen, an einigen Stellen sind sie durch gestrecktes verholztes Parenchym vertreten.

In den meisten Fällen liegen die Rindenknollen ganz frei in der Rinde und stehn mit dem normalen Holz in gar keiner Verbindung. Selten ist das hinter der Knolle liegende Interfascicularholz ebenfalls von unregelmässigem Verlauf, nur in einem Falle steht das Holz der Rindenknolle mit dem Interfascicularholz in organischem Zusammenhang.

Die Litteratur über Rindenknollen findet sich bei Krick (24.) zusammengestellt. Auf Grund der bekannten Thatsachen und seiner eignen Erfahrungen teilt dieser Autor die Rindenknollen bezüglich ihrer Entstehungsweise in solche ein, welche „im Anschluss an Proventivknospen oder schwache Kurztriebe entstehn“ und in solche, welche „ganz unabhängig von einer Knospe oder einem Spross und ohne jede Verbindung mit dem Holzkörper des Mutterstammes in der Rinde desselben ihren Ursprung nehmen.“ (pag. 17.) Bezüglich der letztern weiss er Entstehungsursachen nicht anzugeben. In diesem Punkte kann ich seine Arbeit ergänzen, bei Helianthus entstehn die Rindenknollen als Reaktion auf Wundreiz, entsprechend dem Oberflächengesetz von Vöchting (44 pag. 145 ff.) und Bertrand (6.)

Für die vorliegende Arbeit über Wundheilung bei Helianthus ist etwas anderes von besonderem Interesse, nämlich die Lagerung der Wundgewebe bei innern Rindenwunden. Wie im normalen Stamm und bei den in

der Rinde gelegenen concentrischen Bündeln der Siebteil direckt an die Rinde grenzt, so liegt auch bei den Rindenknollen der Siebteil aussen, direckt an die Rinde stossend. Während zu erwarten wäre, dass der Siebteil der Wunde, als der neuen Oberfläche, zu- und das Holz von jener abgewandt liegen sollte, was im Mark auch der Fall ist, findet das Umgekehrte in der Rinde statt.

Resultate.

Die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen sind folgende.

Alle durch den Stich freigelegten Gewebe, auch die des Stichkanals, reagieren auf die Verletzung mit Bildung eines Callus, des „Primärcallus."

Die eine gewisse Zeit vor Anlage der Köpfchen verletzten Pflanzen regenerieren aus dem Callus der Stammspitze die verlorene Hälfte des Vegetationspunktes.

Die nach Anlage der Köpfchen verletzten Pflanzen regenerieren an Organen nur Zungenblüten und die obersten Deckblätter. Eine kurze Strecke der obersten regenerierten Gewebe dieser Pflanzen kann regelmässig sein (ein Teil der Pflanzen von 1894.), gewöhnlich sind auch oben die Gewebe nicht in normaler Ausbildung regeneriert. (Pflanzen von 1894 und 1896.)

Während oben normale Organe und Gewebe regeneriert werden können, fehlen erstere weiter unten ganz, aus dem tiefer liegenden Primärcallus bilden sich Gewebe, welche der Rinde und der Bündelzone des normalen Stammes entsprechen, und zwar sowohl unter der freien Wundfläche, als auch am Stichkanal, was am letztern besonders auffallend ist.

Die Wundgewebe haben bei geringer Regenerationsfähigkeit der verletzten Gewebe einen ganz abnormalen Bau.

Mit Zunahme der Regenerationsfähigkeit der verletzten Gewebe werden die Wundgewebe stufenweise regelmässiger.

Die Regenerationsfähigkeit eines Gewebes ist abhängig von seinem Entwicklungszustand zur Zeit der Verletzung.

Die meristematische Stammkuppe, aus welcher im normalen Entwicklungsgange noch Organe und Gewebe sich bilden, regeneriert am besten: Normale Organe und Gewebe können aus ihr neugebildet werden.

Normale Gewebe können auch aus der obersten bereits differenzierten aber noch stark gerbstoffhaltigen Partie des Marks regeneriert werden. (Pflanzen von 1894, bei welchen die Köpfchen zur Zeit der Verletzung bereits vorhanden waren und bei welchen trotzdem oben normale Gewebe regeneriert sind pag. 53. 57.)

Im Mark nimmt die Regenerationfähigkeit von oben nach unten und unten auch von der Peripherie zum Centrum ab. Die Regenerationsfähigkeit nimmt also zu mit dem Gerbstoffgehalt und mit der im Laufe der normalen Entwicklung sich äussernden Wachstumsfähigkeit.

Günstiger wie im Mark ist, abgesehn von der obersten Partie des Stammes, wo alle Gewebe des Querschnitts gleich gut regenerieren, die Regenerationsfähigkeit im meristematischen Bündelring, welcher ja auch in der normalen Entwicklung noch lange in Thätigkeit bleibt. Auch in ihm findet von oben nach unten eine, wenn auch langsame, Abnahme statt.

Die Rinde kommt nur für die Regeneration eines kleinen Teils der Rinde in Frage. Oben ist die Regenerationsfähigkeit der Rinde dieselbe wie im Mark, unten ist sie günstiger, wie dort.

Im ganzen also nimmt die Regelmässigkeit der rege-

nerierten Gewebe von oben nach unten und unten von der Seite zur Mitte ab.

Die sekundären Gewebe der Bündelzone sind bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den primären Geweben. Viel tiefer unten wie diese sind sie noch in normaler Dicke ausgebildet, in tiefen Wundregionen nimmt aber auch der Sekundärzuwachs bei allen Pflanzen an Stärke, bei ungünstiger Regeneration auch an Regelmässigkeit ab.

Der Entwicklungsgang der Wundgewebe ist im allgemeinen der normale, in Einzelheiten aber etwas abweichend, man vergleiche darüber pag. 52.

Die Abnahme der Regelmässigkeit äussert sich bei den verschiedenen Geweben in folgender Weise:

Die Epidermis verliert Borsten, Haare und Spaltöffnungen. Die Dimensionen der Zellen werden unregelmässiger, es findet abnormale Verdickung, besonders der Längsradialwände statt. Es treten callöse Längswülste auf. Die Lebensfähigkeit der Epidermis ist am untern Teil der freien Wunde eine geringe, sie stirbt oft ab und wird, besonders in der Mitte des Wundquerschnitts, durch einen unregelmässigen Kork ersetzt. Im obern und mittlern Teil des Stichkanals geht dieser Kork aus einem oberflächlichen Callus hervor, tiefer unten tritt Verwachsung der callösen Bildungen und dadurch Verschluss des Stichkanals ein, Kork und eigentliche Epidermis fehlen hier.

Collenchym und parenchymatische unverholzte Rinde nehmen an Dicke ab, die letztere mehr, wie das Collenchym, sie fehlt unten oft ganz, was bei jenem selten ist. Die Zellen der beiden Gewebe werden kleiner.

Im Bündel nehmen zunächst die Primärteile an Ausdehnung ab, um stellenweise ganz zu schwinden. Letzteres geschieht zuerst mit der innern dann mit der äussern Fasersichel, später erst mit dem Primärholz. Form und

Verlauf der Elemente dieser Gewebe bleiben dabei anscheinend normal.

Der Sekundärzuwachs des Bündels wird nach unten zu zunächst wie im normalen Stamm dicker, am untern Teil wird er wie die andern Wundgewebe dünner. Der Bau der Siebteile wurde nicht eingehend untersucht. Der Bau des Sekundärholzes ist oben ganz normal, unten werden immer die Gefässe enger, bei ungünstiger Regeneration die Fasern weniger verdickt und kürzer wie normal. Zugleich wird der Markstrahl breiter und der Verlauf der Bündel ein unregelmässiger.

Bei weiter gehender Reduktion liegen zwischen den stark verbreiterten Markstrahlen wenige schmale und dünne stark geschlängelt verlaufende und unregelmässig gebaute Bündelstränge. Dieselben bestehn aus schwachen nicht näher untersuchten Siebteilen und aus faserlosem Sekundärholz. Das letztere setzt sich aus wenigen engen Tracheiden und kurzen Zellen mit abgeschrägten Enden, Uebergangsformen zu Fasern, zusammen. Dadurch dass die Bündel schmaler werden, wird der Markstrahl breiter. Höher am Stamm und in grösserer Menge wie normal treten Tangentialteilungen in ihm auf.

Bei weiterer Reduktion wird die ganze Bündelzone durch eine Zone durch Tangentialteilungen entstandener rein parenchymatischer verholzter Zellen ersetzt. Auch die Tangentialteilungen können fortfallen, entweder fehlt dann die Bündelzone ganz oder sie wird durch einzelne verholzte Zellen oder tangential gestreckte Gruppen solcher ersetzt. (pag. 65 ff.).

Während 1894 die reducierte Bündelzone nur aus solchen abnormalen Geweben besteht, stellen sich bei den lange in die Dicke wachsenden Pflanzen von 1895 und bei den wenigen starkwüchsigen von 1894 schon auf

dem gleichen Radius desselben Querschnitts stufenweise die normalen Verhältnisse wieder her. Die jüngern Cambiumprodukte sind hier also normal oder fast normal, die ältern dagegen werden mit der Annäherung an das Mark allmählig unregelmässiger. Das an der Markgrenze gelegene im Primärcallus zuerst gebildete Holz ist bei solchen Pflanzen oft von ganz abnormalem Bau. Es zeichnet sich stellenweise durch massenhaftes Auftreten von kurzen Tracheiden, an andern Stellen durch die Weite der verhältnismässig kurzen Tracheenglieder aus. (pag. 69 ff.)

Während 1894 stets eine starke Reduktion der Bündelzone, besonders auch in Bezug auf ihren Bau, zu verzeichnen ist, sind abnormal zusammengesetzte Wundgewebe in der Bündelzone der Pflanzen von 1895 und 96 seltener. Die Reduktion der Gewebe besteht hier meist nur in einer Dickenabnahme, die bei den primären Geweben der Bündelzone allerdings bis zum völligen Schwinden gehn kann, Bau und Verlauf der Gewebe und Gewebeelemente sind in dem weitaus grössten Teil der Wunde regelmässig, nur im untersten Teil des Stichkanals, wo die Wundgewebe von sehr geringer Ausdehnung sind, ist auch ihre Zusammensetzung eine abnormale.

Im Stichkanal sind einige specielle Erscheinungen zu erwähnen. Durch starke callöse mit einer Bündelzone versehene Wülste wird derselbe bei den Pflanzen von 1895 und 96 unten verschlossen. Etwas tiefer treten an Stelle des Bündelringes mehrere concentrische Bündel auf.

Unter den concentrischen Bündeln ist eine kurze Strecke die Bündelzone durch einige zerstreute in Ringform gelagerte verholzte Parenchymzellen, enge Gefässe oder Tracheiden ersetzt.

Den Beschluss der Wundgewebe bildet ein enges un-

verholztes Parenchym, der im wesentlichen unveränderte Primärcallus. Noch in den concentrischen Bündeln ist Form und Verlauf der Holzelemente ein ganz regelmässiger.

Anders bei den Pflanzen von 1894. Bei ihnen ist am Stichkanal wie am untern Ende der freien Wunde das Wundgewebe stark reduciert. Der viel engere Stichkanal wird ebenfalls durch callöse Zellen geschlossen, welche entweder nur verholzt sind oder auch stark „cambial" geteilt sind. Zur Bildung von concentrischen Bündeln kommt es an dieser Stelle selten.

Bei stärkern Pflanzen von 1894 und schwächern der beiden andern Jahre kommen unten an der freien Wunde und oben im Stichkanal Vorschiebungen des Cambiums vor. Solche Stellen mit vorgeschobener Cambiumzone sind wohl als Calluswülste aufzufassen. Von den den Stichkanal verschliessenden Calluswülsten unterscheiden sie sich dadurch, dass sie auch Collenchym regeneriert haben, welches jenen fehlt. Man vergleiche Abb. 8. u. 13. (pag. 71 u. 90 ff.)

Werden hierbei wachstumsfähige Bündelteile im Mark isoliert, was oft der Fall ist, so entwickeln sie sich zu concentrischen Bündeln mit innerm Siebteil. (pag. 72 ff.) In der Rinde isolierte Bündelteile dagegen bilden sich zu concentrischen Bündeln mit innerm Holz um. (pag. 74 ff.)

Eine gleiche Anordnung der Bündelzone zeigen die Rindenknollen, welche bisweilen bei Helianthus in Folge von Rindenzerreissungen vorkommen können. (pag. 103 ff.)

Den Rindenknollen analoge, jedoch unverholzte parenchymatische Wucherungen finden sich bei einem Exemplar von 1896 in der parenchymatischen Mittelrinde im obern Teil des Stichkanals. (pag. 89 ff.)

Wenn der Stichkanal in seinem obern Teil frühzeitig durch callöse Wülste verschlossen wird, was einige Male beobachtet wurde, so hat der untere noch offne Teil des-

selben nur eine geringe Oberflächenwirkung ausgeübt: Im Primärcallus bildet sich keine continuierliche Bündelzone, sondern es treten zerstreute kleine Holzgruppen auf, die nur zum Teil cambialen Ursprungs sind. Auffallend häufig sind auch in dem nicht cambialen Holz Tracheiden und Tracheen, während Fasern fehlen und Parenchym seltener ist. Stellenweise finden sich auch sekundäre Calluswülste, in welchen ähnlich gebaute die Bündelzone vertretende isolierte Zellgruppen vorkommen wie im Primärcallus, welche bisweilen direkt an die Oberfläche zu liegen kommen können; Bündelparenchym, faserartige Zellen und Tracheiden stülpen sich in diesem Falle in den Stichkanal vor, an ihrem freien Ende keulig angeschwollen. (pag. 100 ff.)

Bei ungleichmässiger Teilung wachsen die dünnen Teilstämme weniger in die Länge wie die dicken, (pag. 55 ff.) auch wenn die Trennung der beiden keine vollständige ist. Der dickere wächst dann, obgleich mit dem dünnen in organischem Zusammenhang, an jenem vorbei. (pag. 99).

Wahrscheinlich wachsen überhaupt die verletzten Teile weniger in die Länge wie die unverletzten, doch ist das bei Helianthus nicht nachgewiesen.

Die Primärgewebe sind bisweilen auf den dünnen Teilstämmen besser regeneriert wie auf den zugehörigen dickern, das Sekundärholz ist immer auf den dicken Teilstämmen stärker entwickelt wie auf den dünnen. Falls an der Spitze eines dünnen Teilstammes ein Ast steht, nimmt der Sekundärzuwachs in der Richtung nach diesem an Dicke zu. (pag. 78 ff.)

In einem Fall beeinflusst ein mitten auf einer Lamelle inserierter Ast in gleichem Sinne auch den obern Teil derselben, oberhalb und unterhalb des Astes nimmt das Sekundärholz in der Richtung nach diesem an Dicke zu. (pag. 79 ff.)

Werden junge Pflanzen im obern Teil der Region der starken Streckung gekappt, so können die kurzen Internodienstummel am Leben bleiben. Es findet in ihnen wenigstens in ihrem untern Teil Dickenwachstum statt, obwohl oberhalb keine Organe stehn. Wenn im obern Teil Dickenwachstum nicht stattfindet, bleibt derselbe, abgesehn von einer unter der Wundfläche stattfindenden Korkbildung, ohne sichtbare Veränderung in dem Stadium, in welchem er sich zur Zeit der Verletzung befindet. (pag. 81 ff.)

Polygonum cuspidatum.

Die zweite Pflanze, welche ich in Bezug auf Regenerationserscheinungen untersucht habe, ist Polygonum cuspidatum Sieb. et Zucc.

Der ausgewachsene 3,50—4,00 m lange Spross dieser Pflanze besteht aus einigen wenige cm langen unterirdischen und etwa 30 oberirdischen Internodien. Der unten orthotrope Stamm wird in seiner obern Hälfte plagiotrop. Seine Blätter sind hier zweizeilig, ihre Medianebenen liegen wie gewöhnlich in solchen Fällen nicht in der Transversale des Hauptstammes, sondern etwas oberhalb derselben. Das zweite oberirdische Internodium ist schon 15 cm lang, das dritte erreicht die maximale Gliedlänge von 20 cm. Diese bleibt etwa bis zum 8. Internodium erhalten, darauf findet eine langsame Abnahme statt. Das 15. Internodium misst ungefähr 15 cm, das 20. 6 cm, die letzten nur 2—3 cm. Mit der Länge der Internodien nimmt auch ihre Dicke ab. Dieselbe beträgt unten 2,5 cm, in der Mitte, im 10. Internodium, etwa 1,5—2 cm, in den obersten kurzen Internodien nur noch 0,2—0,3 cm.

Die Blätter der untern Internodien sind im Herbst stets vertrocknet, ihre Knospen sind nicht zum Austreiben gekommen. Vom 7. oder 8. bis zum 20. bis 22. Internodium sind die Knospen als reich beblätterte und zum Teil auch reichlich blühende Aeste, die Knospen der obersten Internodien dagegen nur als Blütenstände entwickelt. Die Länge der untern Aeste kann auf 10 cm sinken, schon im 12.—14. Internodium erreichen sie eine maximale Länge von 1,20 m, darauf findet allmählige Längenabnahme statt, die obersten messen 30 cm.

Jedes Internodium ist mit einer weiten Markhöhle versehn, welche von der des benachbarten Internodiums durch ein Diaphragma getrennt ist. Die Wanddicke nimmt mit der Dicke des Internodiums, jedoch langsamer wie diese, ab. Ein 2 cm dickes Internodium hat eine Wanddicke von 3 mm, letztere misst bei einem 1,5 cm dicken Internodium 1,5 mm, bei einem 6 mm dicken 1 mm, bei einem 2,4 mm dicken endlich 0,7 mm.

Mein Hauptmaterial von Polygonum habe ich 1895 geerndtet, in welchem Jahre am 14. April die obersten erkennbaren Internodien der etwa $^1/_2$ m langen Sprosse durch einen seitlichen Längsschnitt mit einer Lancette gespalten wurden. Die Stammspitze mit zahlreichen noch kleinern Internodien blieben dabei unverletzt.

Ferner wurden am 4. April 1896 einige 6—8 cm lange Sprosse wie Helianthus von oben angestochen, wobei eine Teilung der Stammspitze oder doch sehr junger Internodien beabsichtigt wurde.

Endlich wurden am 17. IV. 96 2—3 den untern 2,5—5 cm langen Internodien der 15—20 cm langen Sprosse die Cylinderwand einseitig durchbohrt.

Die Untersuchung der normalen und verletzten Pflanzen fand stets an Anfang Oktober geerndtetem Material statt.

Da nur das dritte bis 7. Internodium, wie wir sehn werden, für die Verletzung in Frage kommt, hat für uns nur der anatomische Bau der normalen Stammteile dieser Höhe Interesse. Der Bau dieser unten etwa 20 cm langen Internodien ist recht übereinstimmend, sodass es genügt, die anatomischen Verhältnisse eines dieser Internodien zu schildern.

Das vierte 22 cm lange 2 cm dicke Internodium eines normalen Sprosses hat auf $^2/_3$ seiner Höhe eine Wanddicke von etwa 3 mm. Die Stammgewebe sind streng geschieden in eine 250—600 μ dicke unverholzte Rinde, den 300—1200 μ dicken Gefässbündelring, welcher abgesehn vom Weichbast verholzt ist und das 1000—1500 μ dicke verholzte Mark. Die Rinde besteht aus der Epidermis, dem 65—100 μ dicken Collenchym, der 170—520 μ dicken parenchymatischen Mittelrinde und der Endodermis. Zerstreut unter der Epidermis liegen, schon makroskopisch als rötliche Längsstreifen erkennbar, die spindelförmigen 3—4 mm langen Chlorophyllnester, welche in ihrer Mitte 150 μ dick und breit sind.

Die Epidermiszellen sind im Mittel 35 μ lang und breit und 23 μ dick. Die Chlorophyllnester sind wie immer von grossen Intercellularen durchzogen und machen daher den Eindruck eines Schwammparenchyms. Die einzelnen Zellen sind ungefähr isodiametrisch, 20—30 μ weit. Wo die Chlorophyllnester fehlen, liegt unter der Epidermis das einschichtige Hypoderm. Seine Zellen sind 15—20 μ dick und 85—110 μ lang. Faserendigungen sind im Hypoderm häufig, während sie im Collenchym seltener sind, dieses ist daher eher als collenchymatisch verdicktes Parenchym zu bezeichnen. Die Dimensionen der collenchymatischen Zellen nehmen von aussen nach innen zu. Die Dicke beträgt 20—30 μ, die Länge 300—450 μ. Alle

Zellen der Epidermis, des Hypoderms, der Chlorophyllnester und des Collenchyms sind im Herbst gerbstoffhaltig. Die Dicke der parenchymatischen unverholzten Mittelrinde, welche zwischen 170 und 520 μ schwankt, ist bedingt durch die Lagerung und die Dicke der innen folgenden Bündel. Die parenchymatische Mittelrinde besteht aus einer Mehrzahl schwach chlorophyllhaltiger Zellen, wenigen Gerbstoff führenden Zellen und einer Minderzahl von kleinen mit je einer grossen Oxalatdruse versehenen in Längsreihen angeordneten Krystallzellen. Die Dicke der Rindenzellen beträgt 25—60 μ, ihre Breite ist meist etwas grösser, ihre Länge beträgt 100—250 μ, nur die immer engen Krystallzellen sind stets auch kürzer, nur etwa 50 μ lang.

Die Endodermis ist unverkorkt, ihre Zellen enthalten zur Zeit der Untersuchung keine Stärke sondern sind schwach chlorophyllhaltig, sie ist daher der Rinde gegenüber schlecht charakterisiert. Ein Unterschied besteht in der meist geringen Grösse ihre Zellen. Dieselben sind gewöhnlich nur 35—40 μ lang und dick, dabei nur wenig breiter. Vereinzelte Zellen sind verholzt, während alle übrigen Rindenzellen unverholzt sind.

Der Bündelring setzt sich aus 180—190 300—1200 μ dicken Bündeln zusammen, welche in der Cambiumzone 150—400 μ breit sind. Bezeichnen wir die grossen 900—1200 μ dicken Gefässbündel mit 1, die 700—900 μ dicken Bündel mit 2 und mit 3 die 300—700 μ dicken Gefässbündel, so finden wir oft eine Anordnung 1 3 2 3 1 3 2 3 1, doch muss ich betonen, dass ich Anordnung und Verlauf der Gefässbündel nicht eingehender untersucht habe. Bei den grossen Bündeln sind die Bastfasersicheln im Mittel 150 μ dick, die Siebteile 210 μ, das Holz mit innerer Fasersichel 650 μ. Dieselben Gewebe messen bei den mittlern

Bündeln 160, 250 und 420 μ, und bei den kleinen Bündeln 100, 150 und 215 μ.

Die Bastfaserbündel sind 75—170 μ dick, oft zwei benachbarten Bündeln gemeinsam und 100—600 μ breit. Sie bestehn in ihrer Hauptmasse aus langen ungekammerten stark verdickten 15—25 μ weiten Bastfasern. An der Grenze zu Rinde, Siebteil und Rindenstrahl finden sich oft gekammerte Fasern und Gerbstoffschläuche von bedeutenden Dimensionen.

Der Siebteil ist 120—300 μ dick und 140—380 μ breit. Die Siebröhren sind 390 μ—450 μ lang und 35 μ weit. Im Siebteile liegen 60—470 μ lange, 25—40 μ weite Gerbstoffschläuche.

Der Holzteil ist 100—770 μ dick und 150—400 μ breit. Im Primärholz liegen immer einige verdrückte, aussen auch wohl einige erhaltene etwa bis 40 μ weite Ring- und Spiralgefässe in einem Gewebe von langen parenchymatischen wenig verdickten aber verholzen Zellen. An der Markgrenze liegt eine bis 250 μ dicke Fasersichel, welche ebenso wie die Bastfasersichel neben einer Hauptmenge von ungekammerten Fasern an seinen Grenzen auch gekammerte Fasern führt. Ausserhalb des Primärholzes liegt das bis 550 μ dicke Sekundärholz. Es besteht aus einer Grundmasse von Holzfasern, in welche einige grosse und kleinere Gefässe mit ihrem Belag von abgeplatteten kurzen parenchymatischen Zellen liegen. Die ältesten sekundären Bildungen sind 1—2 Gefässe mit ihrem Parenchymbelag, dann folgt eine radial geordnete Fasermasse, in welcher noch einige grosse und mittelgrosse Gefässe liegen können. Nahe dem Cambium und zwar nur hier finden sich auch einige kleine Gefässe. Als grosse Gefässe, wie sie etwa zu dreien im grossen Bündel vorkommen können, bezeichne ich die

80—120 μ weiten, als mittlere die 50—80 μ, als kleine die bis 50 μ weiten Gefässe. Die Länge der Gefässglieder beträgt 150—300 μ, die der Holzfasern wurde nicht gemessen.

Primärholz, innre Fasersichel und Sekundärholz kommen nur in den grossen Bündeln in starker Ausbildung vor, die mittleren Bündel haben eine kleine innre Fasersichel und oft kein Primärholz, während ihr Sekundärholz so stark entwickelt ist wie bei den grossen Bündeln, die kleinen Bündel haben kein Primärholz, keine oder eine nur aus wenigen Fasern bestehende innere Fasersichel und ein kleines Sekundärholz. Die Zahl der grössern Gefässe ist in den kleinen Bündeln meist auf eins herabgesetzt.

Der Mark- und Rindenstrahl ist nur bis fünf Zellschichten breit und besteht aus etwa 300 μ langen bis 70 μ weiten verdickten und verholzten Parenchymzellen. In der Mitte des Markstrahls liegt, die Bündelcambien verbindend, aber meist etwas nach aussen vorgeschoben, das rein parenchymatische Interfascicularholz. Es ist durch Auftreten von 1—5 Tangentialwänden in dem vorher meist auf 80—200 μ verkürzten Markstrahlparenchym entstanden. Der Markstrahl enthält Mitte Oktober neben Zellen, welche keine besondern Inhaltsstoffe zeigen, Stärke-Gerbstoff- und Krystallzellen, Chlorophyllzellen scheinen ganz zu fehlen. Die Stärkezellen sind meist etwas kleiner wie die Gerbstoffzellen, die Krystallzellen sind immer klein und finden sich vorzugsweise an der Grenze zur Rinde und zum Mark, im Interfascicularholz fehlen sie ganz.

Die Dicke des Marks beträgt 1000—1500 μ und ist, da die Markhöhle eine regelmässige Cylinderform hat, nur abhängig von der jemaligen Dicke des vor ihm liegenden Bündels. Seine in Längsreihen angeordneten Zellen sind 70—200 μ weit und 70—350 μ lang, die längern Zellen pflegen zugleich die weitern zu sein, nur am

Bündel kommen bis 450 μ lange enge Zellen vor. Gerbstoff ist im Mark nur in geringer Concentration vorhanden, er findet sich besonders in grössern Zellen und in etwas grösserer Concentration nur in der Nähe der Bündel. Stärkezellen fehlen ganz, die Krystallzellen zeichnen sich auch hier durch Enge und Kürze aus, die Mehrzahl der Zellen ist ohne besondre Inhaltstoffe.

Von etwas abweichendem Bau ist die Nodialpartie. Die Bündel, welche im Internodium keine Anastomosen eingehn, stehn auf der Höhe des Diaphragmas alle mit einander in Verbindung, sich gleichzeitig bis auf 2 mm verdickend. Die Verdickung der Bündel beruht hauptsächlich auf einer Vermehrung der Gefässe, welche auf dieser Höhe von etwas unregelmässiger Form sind. Vereinzelt habe ich auf Tangentialschnitten in den Winkeln der Anastomosen an der seitlichen Grenze des Bündels zum Markstrahl kreisförmige in sich zurücklaufende Gefässgruppen beobachtet. (vergl. Vöchting 44. Tafel X. Figur 10.)

Das Diaphragma, welches sich auf der Höhe der Anastomosen an die Cylinderwand ansetzt, ist eine 3—4 mm dicke in der Mitte nach unten eingedrückte Scheibe. Es besteht aus einer obern und einer untern parenchymatischen unverholzten Schicht und einer zwischen beiden liegenden verholzten Gewebeplatte. Die Zellreihen des Marks verlaufen im Internodium in der Richtung des Organs, bei dem Eintritt in das Diaphragmas biegen sie um und verlaufen eine Strecke horizontal. In der grössern mittlern Partie des Diaphragma ist die Anordnung der Parenchymzellen dagegen wieder longitudinal. Die beiden Parenchymplatten sind gewöhnlich nur in der Nähe des Marks, also in ihrer peripheren Partie verholzt.

Die mittlere verholzte Gewebeplatte des Diaphragmas

durchsetzt das Mark des Stammcylinders und steht mit dem engzelligen peripheren Mark oder mit der innern Fasersichel in Verbindung. Sie ist, soweit sie im Mark verläuft, nur etwa 300 μ dick, in der Mitte wird sie, alle verholzten Zellen eingerechnet, 1,8 mm dick. Die Streckungsrichtung der Zellen ist an den Seiten eine horizontale gegen das Centrum gerichtete, in der Mitte ragen zahlreiche Zellen aus der Platte heraus gegen die Oberfläche des Diaphragmas. Die Zellen der verholzten Gewebeplatte sind oft sehr stark verdickt, und parenchymatisch, aber sie zeigen in der Mitte oft ein starkes Eigenwachstum und ragen dann mit lang ausgezogenem aber abgerundetem Ende in das unverholzte parenchymatische Gewebe hinein. Die Oberflächenzellen des Diaphragmas sind meist unverkorkt und auch ohne Cuticula, die Markhöhle hat also gewöhnlich nicht als freie Oberfläche gewirkt, Ausnahmen sind jedoch nicht selten und werden später erwähnt werden.

(Makroskopische und anatomische Verhältnisse der verletzten Pflanze.)

Ein Exemplar, welches in typischer Weise die makroskopischen und mikroskopischen Verhältnisse einer am 14. IV. 95. verletzten Pflanze zeigt, ist etwa 3,5 m hoch und unten 2,6 cm dick. Das erste aus der Erde hervorragende Internodium misst 15 cm, das zweite 20,5 das dritte 23,5 cm. Darauf folgen die drei verletzten Internodien mit 14, 7,5 und 6,5 cm. Die Länge der höhern Internodien ist wieder normal, die folgenden messen 20 und 25 cm.

Im vierten Internodium beginnt 5 cm hoch die Wunde mit einer schmalen Furche, welche 3 cm höher nach der Markhöhle durchgeht. Diese Seite an welcher die Lan-

cette angesetzt wurde, will ich als Vorderseite im Gegensatz zur Hinterseite bezeichnen. Die letztere zeigt im vierten Internodium nur ganz oben eine Einwirkung, eine nicht tiefe Furche. Die Vorderseite ist bis zum obern Ende des Internodium 6. durchschnitten, an der Hinterseite wird schon im Grunde des 5. Internodiums die Verletzung tiefer, 5,5 cm hoch geht sie auch hier durch, sodass zwei völlig getrennte Teilstämme entstehn. Dieselben vereinigen sich erst wieder ganz oben im sechsten Internodium.

Wie bei den unverletzten ist auch bei den verletzten Internodien das Centralmark sehr wenig gewachsen, es ist eine Markhöhle entstanden, welche ich die primäre nennen will, und welche bei den verletzten Internodien stets mit der Athmosphäre in Verbindung steht. Durch die Verletzung ist die Wachstumsfähigkeit des Centralmarks etwas vermehrt, die am Leben gebliebene Markschicht ist stets dicker wie normal und zwar um so dicker je stärker das Internodium verkürzt ist. Am einfachsten ist das aus der Wanddicke zu ersehn. Dieselbe beträgt bei dem nicht verletzten Internodium 3 2,5—3,0 mm, bei I. 4. 3,5—4,0 mm, bei I. 5. und 6. etwa 5 mm.

Aber auch in den stark verkürzten Internodien 5 und 6 ist das Wachstum des Markes in radialer Richtung geringer, wie das der äussern Stammschichten. Bei gleichmässigem Wachstum beider müssten Teilstämme von etwa halbkreisförmigen Querschnitt resultieren, was in der nächsten Nähe des Diaphragmas in der That der Fall ist. Der grösste mittlere Teil der verkürzten Internodien hat einen nierenförmigen oder mondsichelförmigen Querschnitt, die Wundseite ist in Folge schwächern Wachstums stark eingekrümmt.

Die innere Oberfläche des Stammcylinders ist bei un-

verletzten Internodien rein weiss gefärbt, bei diesen drei verletzten Internodien aber mehr oder weniger braun, was, wie die anatomische Untersuchung zeigt, auf Korkbildung beruht. Die Regeneration beschränkt sich aber nicht auf die letztere. Im Internodium fünf und sechs liegt unter der Wundoberfläche ein helleres Gewebe von härterer Consistenz, welches sich als regenerierte Bündelzone herausstellt und mit dem normalen Bündelring in Verbindung steht. Im vierten Internodium finden sich, wenn auch in schwächerer Ausbildung, solche Schichten nur an den beiden Diaphragmen und dort, wo der Schnitt den Cylindermantel durchsetzt, im Uebrigen fehlen sie hier ganz. Im Mark der dünnen Teilstämme ist durch Absterben gewisser Gewebecomplexe ein „sekundäre" Markhöhle entstanden. Dieselbe liegt nahe an der Wundseite und begleitet dieselbe in Form eines dünnen Spaltes. Stellenweise ist die Markhöhle von lebendem Gewebe überbrückt, sodass neben einander mehrere vorhanden sein können. Nur in nächster Nähe des Diaphragmas, wo die Querschnittsform der Teilstämme eine etwa halbkreisförmige wird, ist auch die sekundäre Markhöhle etwas ausgedehnter. In dem wenig verkürzten 4. Internodium ist die sekundäre Markhöhle von geringer Ausdehnung. Die makroskopische Besichtigung der andern Pflanzen dieser Versuchungsreihe ergiebt ganz ähnliche Resultate.

Die Internodien, welche unverletzt etwa 20 cm lang geworden wären, haben meist die halbe Länge, sind in manchen Fällen etwas länger, in andern etwas kürzer, 3,2 cm misst das am meisten verkürzte Internodium. Der Grad der Verkürzung ist abhängig von dem Entwicklungszustande der Internodien zur Zeit der Verletzung und von der Schwere der letztern. Jüngere Internodien werden, wenn nicht frühzeitig Verwachsung eintritt, mehr verkürzt

wie ältere. Ist die Verletzung in einem Internodium weniger schwer wie im andern, ist zum Beispiel das eine nur an einer Stelle geöffnet, das andere aber in seiner ganzen Länge geteilt, so wird das letztere auch mehr verkürzt. Doch kann die Verkürzung auch bei wenig verletzten Internodien eine ziemlich bedeutende sein. Am 17. April 1896 wurden einige 15—20 cm lange Sprosse in einzelnen Internodien seitlich angestochen. Im Herbst sind diese Internodien, welche nur eine einseitige in die Markhöhle gehende Oeffnung zeigen, nur 7—10 cm lang geworden, die zur Zeit der Verletzung 2,5—5 cm langen Internodien hätten nach ihrer Stellung am Spross etwa 20 cm lang werden sollen. Findet dagegen frühzeitig durch Verwachsung eine vollständige Heilung der Wunde statt, so ist die Verkürzung eine geringere, obwohl viel jugendlichere Internodien verletzt sind. Am 4. April 1896 wurden einige nur 6—8 cm lange Sprosse von oben angestochen. Es wurde erwartet, dass selbständige Teilstämme wie bei Helianthus sich bilden würden. Der Erfolg war aber ein anderer, die Wundflächen waren innig verwachsen. Soweit sich die Wunde an der ausgewachsenen Pflanze noch verfolgen lässt, hat sie die Internodien ganz durchschnitten. Dabei hat eine geringfügige Verschiebung der beiden Hälften stattgefunden, wodurch eine beiderseitig schwach vorspringende Kante gebildet ist. Merkwürdigerweise sind die verletzten Internodien stark gedreht, der Drehungswinkel kann für das einzelne Internodium 180° betragen. Was uns hier interessiert, ist, dass die Internodien nicht sehr stark verkürzt sind. Nur einmal habe ich ein nur 6 cm langes Internodium beobachtet, meist wird ein normal 18—20 cm langes Internodium nur auf 15 cm verkürzt, obwohl hier die Internodien in sehr jugendlichem Zustande verletzt sind. Wahrscheinlich ist hier so früh-

zeitig Verwachsung und Heilung eingetreten, dass kein Grund zur Herabsetzung des Längenwachstums mehr vorhanden war. Die Auskleidung der primären Markhöhle hat stets eine von der normalen abweichende braune Farbe. (vergl. pag. 130). Ebenso ist bei den verletzten Internodien die Wanddicke des Cylinders stets dicker, wie normal, dieselbe pflegt mit der Verkürzung zuzunehmen. Meist kann man bei stark verkürzten Internodien und an der Seite der Wunde schon mit blossem Auge eine regenerierte Bündelzone wahrnehmen, doch wird es besser sein, dieselbe bei der Beschreibung der Anatomie zu behandeln.

Auch bei Polygonum ist wie bei Helianthus die Regeneration in recht verschiedenem Grade eingetreten.

Eine sehr gute Regeneration finden wir an dem schwächern Teilstamm des sechsten Internodiums der makroskopisch geschilderten Pflanze. (Abb. 15.) Die Gewebe sind auf dem ganzen Querschnitt ziemlich gleichmässig regeneriert, die Seiten sind aber auch hier etwas bevorzugt. Aussen liegt eine dünne Korkschicht, darauf folgt die 60—150 μ dicke parenchymatische unverholzte Rinde, darauf die bis auf den Weichbast verholzte Bündelzone, welche bis 350 μ dick wird.

Der Kork, durch die Thätigkeit eines Phellogens erzeugt, ist nur einige Zelllagen dick. Seine Zellen sind mit einer dunkeln in Eau de Javelle schwer löslichen Masse erfüllt. Die Rinde ist wesentlich dünner wie normal, sie misst oft nur 60 μ, weicht aber auch in anderer Hinsicht von der normalen ab. Es fehlt nämlich eine Differenzierung in Chlorophyllnester, Collenchym und parenchymatische Mittelrinde ganz. Ihre Zellen sind in Radialreihen angeordnet und alle schwach collenchymatisch verdickt. Faserartige Zellen fehlen ganz, die Rinde ist rein parenchymatisch und besteht aus 30—130 μ langen

bis 80 μ breiten und bis 40 μ dicken Zellen. Die Mehrzahl der Rindenzellen ist gerbstoffhaltig, meist bilden die Gerbstoffzellen Radialreihen, welche sich durch den Markstrahl in das Mark fortsetzen. Chlorophyll habe ich niemals beobachtet, Krystallzellen kommen vor, sind aber selten. Bisweilen finden sich auch verholzte Zellen, welche der normalen Rinde ganz fehlen. Sie sind gewöhnlich länger wie die andern Rindenzellen, sie messen bis 160 μ. Der Bündelring setzt sich aus 30 Bündeln und den Markstrahlen zusammen. Die Bündel sind nur 250—350 μ dick, erreichen also nur die Dicke der kleinsten normalen Bündel. Aehnlich verhält es sich mit ihrer Breite. Da jedoch das Bündelholz und auch der verholzte Teil des Siebteils ebenso wie der Markstrahl im wesentlichen parenchymatisch ist, ist die Grenze des Bündels gegen den Markstrahl und somit die Breite dieser Gewebe sicher nur im Weichbast festzustellen. Derselbe ist hier 60—70 μ, in einigen Fällen bis 150 μ breit, gegen eine normale Breite von 140—380 μ. Dagegen ist eine Verbreiterung des Markstrahls zu verzeichnen, derselbe besteht aus 1 -4 , oft aus bis 15 Radialreihen, der breiteste misst mit 18 Zellenreihen 770 μ. Der Markstrahl hat etwa die Dicke der Bündel, ist also wie diese wesentlich dünner wie normal. Der Verlauf der Markstrahlen und der Bündel ist im allgemeinen normal, doch kommen nicht selten im Internodium Anastomosen vor, welche normal sich nur im Knoten finden.

Das den Bastfaserbündeln entsprechende Gewebe ist 70—150 μ dick und besteht aus 2—5 Tangentialreihen verholzter bisweilen stark verdickter Zellen, welche stark abgerundet sind und daher grössere Intercellularen zwischen sich lassen. Die Zellen sind an der Seite der Wunde enger etwa bis 25 μ weit, in der Mitte dagegen meist

weiter, bis 50 μ weit. Ihre Länge beträgt 100—180 μ, die engen unter ihnen haben oft beiderseits kurze Zuspitzungen, sind also als Uebergangsformen zu Fasern aufzufassen, die weiten Zellen sind meist rein parenchymatisch.

Die Siebteile sind 60—70 μ breit und dick, bisweilen kleiner, selten grösser, der grösste ist 150 μ breit und 70 μ dick.

Primärholz fehlt ganz. Das Sekundärholz ist 100 μ, selten 150 μ dick und besteht aus radial geordneten 6—40 μ dicken Zellen und 1—2—3 grössern Gefässen, die hier aber nur 75 μ weit werden, also wesentlich enger sind wie die weitesten der normalen Bündel. Engere Gefässe von der Weite der Zellen der Grundmasse sind nicht selten. Die Gliedlänge ist ebenso wie die Weite geringer wie normal, sie beträgt 90—220 μ gegen 150—300 μ an der normalen Seite. Der grösste Teil des Holzes besteht aus 6—40 μ dicken, 20—50 μ breiten, 150—250 μ langen prosenchymatischen Zellen, welche mit wenigen kleinen einfachen Tüpfeln und ein oder zwei Zellkernen versehn sind.

Die Elemente des Markstrahls, welche sich auf dem Querschnitt von der Grundmasse des Holzes wenig unterscheiden, sind 40—80 μ lange Parenchymzellen. Die Grenze von Holz und Markstrahl ist daher auf Tangentialschnitten recht deutlich. Stets findet sich im Markstrahl Interfascicularholz. Dasselbe ist rein parenchymatisch und ist durch Auftreten von 4—5, bisweilen auch bis zehn Tangentialwänden aus einer oder mehreren Mutterzellen entstanden. Die Rindenstrahlzellen haben die Dimensionen der Markstrahlzellen. Auffallend ist bei ersteren und den Bastfaserzellen die Weite der Intercellularen. Wo vorhanden, sind die Poren dieser Zellen auf die oft klei-

nen scharf umgrenzten rundlichen Berührungsstellen beschränkt.

Die Regeneration ist auf diesem Querschnitt ziemlich gleichmässig erfolgt, nur an der Uebergangsstelle zum normalen Bündelringe ist die Regeneration etwas günstiger. An das letzte Bündel des normalen Bündelringes schliesst ein schon bedeutend kleineres nach der neuen Oberfläche orientiertes Bündel an. Sein äusserer Bastfaserbeleg ist stark reduciert, enthält aber noch lange Fasern. Der Siebteil ist kleiner wie normal, das Holz entspricht dem eines kleinen normalen Bündels. Die unverholzte Rinde hat hier schon die stark reducierte Dicke der Wundrinde. Das folgende Bündel hat schon den oben beschriebenen abnormalen Bau.

Um festzustellen, ob bei Polygonum bei Verletzung sehr jugendlicher Stammteile eine vollkommene Regeneration eintritt, wurden am 4. April 1896 einige 6—8 cm lange Sprosse von oben angestochen. Wie erwähnt, trat bei diesen Pflanzen frühzeitig Verwachsung ein. An den durch eine geringe Verschiebung gebildeten Kanten ist die Epidermis vollkommen normal regeneriert. Rinde, Bündelring und der grosse äussere Teil des Marks zeigen an der Wundstelle nur eine geringe Verschiebung, sonst gar keine Unregelmässigkeit. Nur im innersten Mark ist keine Verwachsung eingetreten, hier ist ein wenig tiefer Spalt erhalten geblieben, in welchen sich die angrenzenden Markzellen callös verwölben. Die Auskleidung der Markhöhle ist rein weiss, wie bei den normalen unverletzten Internodien, Neubildungen haben gar nicht stattgefunden. Die Frage ob auch bei Polygonum die Gewebe in normaler Ausbildung neugebildet werden können, ist also noch eine offne, doch scheint mir die Regeneration der Epidermis für ihre Bejahung zu sprechen.

Abgesehn von diesen früh verletzten Pflanzen von 1896 habe ich eine Regeneration, welche günstiger ist wie auf dem geschilderten Querschnitt, bei Polygonum niemals beobachtet. Eine gleich gute Regeneration kommt nur bei einem Teil der stark verkürzten weniger wie 8 cm messenden Internodien vor. Der Bau der Wundgewebe ist in solchen Internodien derselbe, wie bei der geschilderten Pflanze.

Von Interesse ist ein spezieller Fall, in welchem alle verholzten Zellen der Bündelzone eines stark verkürzten Internodiums, also die Zellen des Hartbastes, des Holzes und des Mark- und Rindenstrahls ausserordentlich stark verdickt sind. Die Membran 45 μ weiter Rindenzellen ist zum Beispiel 10 μ dick und ähnlich ist es in den andern erwähnten Geweben. Dabei zeigen die gleichen Elemente der andern ebenfalls stark verkürzten und mit gleich entwickeltem Wundgewebe versehenen Internodien derselben Pflanze weder an der Wundseite noch an der normalen Seite eine irgendwie auffallende Verdickung.

Die dickern Teile der stark verkürzten gespaltenen Internodien zeigen meist eine weniger gute Regeneration, wie die dazugehörigen schwächern. So sind auch die Wundgewebe am stärkern Teil des sechsten Internodiums unserer Pflanze (pag. 127) zum Teil viel schlechter regeneriert, wie die des entsprechenden schwächern Teilstammes, welche oben eingehend geschildert sind. An den Seiten sind dort, wo der Stammcylinder durchschnitten ist, die Wundgewebe ganz wie auf dem schwächern Teil gebaut. Etwa 3 mm an jeder Seite sind mit Kork, unverholzter Rinde und einer aus Markstrahlgewebe und Bündeln bestehender genau wie dort zusammengesetzter Bündelzone versehn. An der primären Markhöhle ändern sich schnell die Verhältnisse. Schon 1 mm weiter fehlt

das den Hartbast ersetzende verholzte Gewebe, der Siebteil und der Rindenstrahl. Das Holz wird hier durch ein etwa 50—80 μ dickes verholztes durch Tangentialteilungen entstandenes Gewebe vertreten, welches keine Differenzierung in Bündel und Markstrahl zeigt. Diese verholzte Zone setzt sich seitlich in den Holzteil der Bündelzone fort und scheint daher bei Polygonum als reduciertes Holz, nicht wie bei Helianthus als reducierte Bündelzone aufzufassen zu sein. Während hier noch 4—5 Tangentialwände aufgetreten sind, findet sich in der Mitte oft nur eine, an manchen Stellen auch gar keine mehr. Die betreffenden Zellen sind aber, auch wenn ungeteilt, meist etwas stärker verholzt wie die Zellen des Marks. Mit dem Holz wird auch die parenchymatische schwach collenchymatisch verdickte Rinde etwas dünner, sie misst in der Mitte der Wunde nur noch 50—100 μ. Mit der Dickenabnahme der Gewebe geht eine Grössenabnahme der Elemente Hand in Hand. Die Rindenzellen sind hier nur noch 30—80 μ lang, die immer rein parenchymatischen Holzzellen 30—100 μ, gewöhnlich 60 μ.

In andern Fällen, in welchen die Regeneration etwas günstiger ist, ist nur eine kurze etwa 1 mm lange mittlere Partie ohne Bündel. Das Gewebe macht hier ganz den Eindruck eines breiten Markstrahlgewebes. Es besteht aus primärem parenchymatischen Gewebe und dem durch Tangentialteilungen aus dem erstern entstandenen Interfascicularholz.

Dagegen haben alle weniger verkürzten Internodien eine sehr schwache Regeneration. Bei einigen liegt in der jungen primären Markhöhle Kork, eine aus wenigen Zellreihen bestehende unverholzte primäre Rinde und ein stark reducierter parenchymatischer bisweilen nur aus einer oder zwei

Zellreihen bestehender Holzring. Kork, Rinde und Holzring können, wie ich wiederholt beobachtet habe, aus einer einzigen Mutterzelle hervorgegangen sein. Die Mehrzahl der wenig verkürzten Internodien zeigt an der primären Markhöhle keine continuierliche regelmässige Korkschicht, ja an vielen Stellen, bei schlecht regenerierten Pflanzen an den meisten Stellen, gar keine neuen Zellbildungen. Das Gewebe hat dann also das Aussehn normalen Markgewebes, nur sind die Membranen der innersten Zellen mehr oder weniger gelb oder braun gefärbt, was auch bei makroskopischer Besichtigung auffällt. Eine oder zwei Zellschichten unter der Markhöhle sind hier und da Teilungen aufgetreten, bisweilen Querteilungen oder tangentiale, in manchen Fällen auch schräg verlaufende Teilungswände. Auffallend oft ist die tangentiale Teilungswand der Innenseite der Mutterzelle, also der neuen Oberfläche genähert. Sind ausnahmsweise mehrere Teilungswände aufgetreten, so ist in der Regel ein äusseres Korkgewebe und eine darunter liegende zartwandige unverholzte Rinde ausser dem reducierten Holz differenziert. Diese etwas weiter differenzierten Stellen können ganz isoliert liegen, an den Seiten oberhalb und unterhalb sind oft gar keine Teilungen aufgetreten.

Viel weniger reduciert sind die Wundgewebe dort, wo der Stammcylinder durchschnitten ist. Immer ist hier Kork eine parynchimatische Rinde und eine Bündelzone vorhanden, der letztern fehlen fast nie Siebteile und ein gefässführendes Holz.

Eine ähnliche Bevorzugung erfahren immer die am Diaphragma gelegenen Wundgewebe und zwar die unten im Internodium gelegenen Teile in höherm Maasse wie die oben gelegenen. Diese Bevorzugung besteht bei den kurzen Internodien, bei welchen an der primären Mark-

höhle eine gute Regeneration eingetreten ist, darin, dass Rinde und Holz in dickerer Schicht ausgebildet sind. Bei den langen Internodien, an deren primärer Markhöhle weder Kork noch primäre Rinde noch Holz in continuierlicher Schicht und alle drei sehr reduciert ausgebildet sind, kann die Regeneration am Diaphragma eine auffallend günstige sein. Bei einem solchen Exemplar liegt unter dem Kork ein 110—235 μ dicke unverholzte Rinde, von welcher über die Hälfte cambialen Ursprungs ist, darunter eine etwa 100 μ dicke Holzschicht. Dieselbe besteht aus oft bis 150 μ breiten verholzten Markstrahlen und dem aus Parenchym, faserartigen nicht sehr langen Zellen, Tracheiden und verhältnismässig weiten Gefässen sich zusammensetzenden Bündelgewebe. Die Elemente verlaufen parallel der Oberfläche, an den Seiten gewöhnlich gegen die Mitte gerichtet, in einer grossen centralen Partie vielfach verschlungen oder isolierte Gruppen bildend. Da an den Verticalwänden der primären Markhöhle Gefässe fehlen, und das Diaphragmaholz auch mit dem Holz des normalen Bündelcylinders nicht in Verbindung steht, sind seine Gefässe vollkommen isoliert, können also kaum zur Wasserleitung dienen. In der Nähe des Diaphragmas und des Wundrandes reagieren die Gewebe der primären Markhöhle stets ein wenig besser, wie an andern Stellen.

Dieser grössern Regenerationsfähigkeit des Diaphragmas entspricht das Verhalten desselben im unverletzten Internodium. Während nämlich gewöhnlich die primäre Markhöhle im unverletzten Internodium nicht als freie Oberfläche gewirkt hat, kommt es häufig vor, dass am Diaphragma der untern Internodien die Markhöhle durch Oberflächenreiz Neubildungen hervorgerufen hat. Dieselben finden sich häufiger und in grösserer Ausdehnung auf der Oberseite des Diaphragmas, wie auf der Unterseite, sind

aber immer auf die mittlere Partie beschränkt. Sie bilden bräunliche Wülste, welche entweder nur aus einem sehr unreglemässigen Korkgewebe, oder aus einem solchen, einer dünnen nur wenige Zellschichten dicken unverholzten Rinde und einer dünnen parenchymatischen verholzten Gewebeschicht bestehn. Gefässe habe ich in dieser reducierten Holzschicht nie beobachtet.

Tafelerklärung.

Die Vervielfältigung der Abb. wurde von der Firma A. Frisch, Berlin, nach von mir gefertigten Photographien besorgt.

Abb. 1, 2, 4, 5, 10 habe ich nach meinen Zeichnungen photographiert, zu dem Rest der Abb. fertigte ich die Photographien direkt nach den Präparaten an. Ich benutzte dazu die auf den Göttinger Univ. Instituten zu wissenschaftlichen Arbeiten fast ausschliesslich verwandten vorzüglichen Winkel'schen Objektive und Apparate.

Abb. 1—14. Helianthus annuus.

Abb. 15. Polygonum cuspidatum.

Abb. 1. Schema des Gefässbündelverlaufs im Knoten, a das Mittelbündel, b und c die beiden Seitenbündel der austretenden Blattspur. Die Grössenverhältnisse der einzelnen Bündel sind durch die Dicke der Striche angedeutet. (pag. 20.) etwa 8 mm. breit und 5 mm lang.

Abb. 2. Querschnitt durch die durch den Grund der Abb. 1 bezeichnete Stelle des Knotens.

Abb. 3. 15 fache Linearvergrösserung. Querschnitt durch normalen Stamm (pag. 17), den verschiedenen Bau der einzelnen Bündel zeigend. a ist das Mittelbündel des nächst höhern Blattes, b gehört einem etwa 20 cm. höher stehenden Blatt an, die andern Bündel stehn mit wesentlich höher inserierten Blättern in Verbindung. (pag. 21).

Abb. 4. 10 fache L. V. Schematisiertes Längsschnittbild der Stammspitze einer Anfang Juni 1895 geerndteten 43 cm hohen Pflanze. b-b Grenze gegen den intercellularenreichen gerbstoffhaltigen Teil des Marks. (pag. 32).

Abb. 5. Nicht ganz doppelte L. V. Querschnittsform des untersten Teils der Teilstämme. Die Wunde ist in tangentialer Richtung schwächer gewachsen wie die unverletzten Stammteile. (pag. 54).

Abb. 6. 10 fache L. V. Querschnitt durch Teilstamm 34 cm unter Blütenkorb. Pflanze von 1894 (pag. 57.) Bei a Epidermis durch Kork ersetzt. Abnormer Bau der Rinde und Bündelzone. Rechts und links schliessen sich die normalen unverletzten Stammgewebe an.

Abb 7. 16 fache L. V. Querschnitt durch den gleichen Teilstamm, 72 cm unter Blütenkorb. Weitere Reduktion der regenerierten Gewebe. (pag. 60). Links normales unverletztes Stammgewebe.

Abb. 8. 9 fache L. V. Querschnitt durch den obern Teil eines Stichkanals. Die Cambiumzone ist vielfach vorgeschoben (pag. 71). Im Mark liegen concentrische Bündel und kleine Bündelkreise. (pag. 72, 74).

Abb. 9. $6\,^1/_2$ fache L. V. Querschnitt durch einen Spalt. Pflanze von 96. Bildung von concentrischen Bündeln. (pag. 72).

Abb. 10. Verkleinert auf $^{10}/_{18}$. Vergl. pag. 79.

Abb. 11—14. „Wundgewebe am Stichkanal" pag. 83—103. Die Präparate entstammen alle derselben im Text beschriebenen Pflanze von 1896. (pag. 85).

Abb. 11. 8 fache L. V. Querschnitt durch freie Wundfläche etwas über dem Stichkanal zum Vergleich mit den Geweben am Stichkanal. (Abb. 12—14). (pag. 86).

Abb. 12. 9 fache L. V. (pag. 89). Querschnitt etwa 10 cm unter dem Beginn des Stichkanals. In der Rinde zahlreiche durch Absterben von Zellcomplexen entstandene Lücken. (Oben links auf der Abb. deutlich erkennbar).

Abb. 13. 13 fache L. V. Querschnitt durch Stichkanal 35 cm unter Beginn desselben. Stichkanal durch zwei mächtige Calluswülste verschlossen. (pag. 90).

Abb. 14. 30 fache L. V. Querschnitt durch untern Teil des Stichkanals, 45 cm tief. An Stelle eines Bündelkreises finden sich mehrere concentrische Bündel. (pag. 93).

Abb. 15. Querschnitt durch regenerierte Gewebe bei Polygonum cuspidatum. Eine Stelle mit weit gehender Regeneration. (pag. 127).

Lebenslauf.

Am 23. Februar 1869 wurde der Verfasser als Sohn des Malers und Universitätszeichenlehrers Otto Peters geboren. Nach mehrjährigem Besuch des heimatlichen Gymnasiums, wurde derselbe nach Erhaltung des Einjährigenzeugnisses Apotheker, bezog October 1891 die Universität Göttingen und schloss im Sommersemester 1893 sein pharmaceutisches Studium mit dem Staatsexamen ab. Nach in Dresden absolvierter Militärzeit übernahm er im Herbst 1894 die Assistentenstelle des Pflanzenphysiologischen Instituts zu Göttingen, hatte dieselbe mit kurzer Unterbrechung fast 2 Jahre inne und bestand am 8. Juli 1897 in Rostock das Doctorexamen.

Seinen Lehrern besonders Herrn Prof. Polstorff, welcher seine chemische Studien leitete, und Herrn Prof. Berthold, welcher zu der vorliegenden Arbeit die Veranlassung und ständig die freundlichste Anregung gab, wird Verfasser stets Dankbarkeit und Hochachtung bewahren und freut sich diesen Gefühlen auch an dieser Stelle Ausdruck geben zu können.